

المركز القومى للترجمة

أصل الحياة

تأليف: بول ديڤيز
ترجمة: منير شريف
مراجعة وتقديم: عادل يحيى أبو المجد



PAUL DAVIES

أصل الحياة

تأليف : بول ديفيز

يتصدى المؤلف باقتدار علمى وتقنى لشرح معنى الحياة، والنظريات المختلفة التى عرضت سيناريوهات متخيلة عن بدئها ورأيه فى كل منها ومدى خضوع أفكار هذه النظريات لقوانين الفيزياء المستقرة فى العلم الحديث (بصفة أخص) مثل النظرية النسبية ونظرية الكم ونظرية التربيع العكسى، وما يفرضه قانون الديناميكا الحرارية.

الكتاب أيضا يحفل بحلول للمعضلات التى يثيرها السؤال المطروح والمفاجآت العلمية التى تخطف الأنفاس ولعلى أفتح شهية القارئ بمثال واحد: العثور على كائنات حية تعيش فى مستعمرات مزدهرة ومتنامية بالقرب من فوهات براكين أعماق المحيطات، وعند درجة حرارة تتراوح ما بين 115 إلى 160، وكائنات غيرها تعيش بالازدهار نفسه فى أعماق جلاميد الثلج بقارة أنتاركتيكا بالقطب المتجمد الجنوبى، ثم العثور على فئات أخرى من الكائنات تتغذى فقط على أغرب ما يمكن أن يشطح إليه الخيال مثل المواد الكيميائية السامة أو الحديد أو القار أو الإسمنت.. إلخ..

اقرأ ... وجرب لذة الاكتشاف.


mohamed khatab

أصـــل الحيـــاة

المركز القومي للترجمة
إشراف: جابر عصفور

- العدد: 1472
- أصل الحياة
- بول ديڤــيز
- منير شريف
- عادل يحيى أبو المجد
- الطبعة الأولى 2010

هذه ترجمة كتاب :
The Fifth Miracle
By: Paul Davies

شارع الجبلاية بالأوبرا – الجزيرة – القاهرة ت: ٢٧٣٥٤٥٢٤ – ٢٧٣٥٤٥٢٦ –فاكس : ٢٧٣٥٤٥٥٤
EL- Gabalaya st., Opera House, El Gezira, Cairo
e.mail:egyptcouncil@yahoo.com Tel.: 2735424 – 2735426 Fax: 27354554

أصل الحياة

تأليف: بول ديفيز
ترجمة: منير شريف
مراجعة وتقديم: عادل يحيى أبو المجد



2010

بطاقة الفهرسة
إعداد الهيئة العامة لدار الكتب والوثائق القومية
إدارة الشئون الفنية

ديفيز، بول
أصل الحياة / تأليف : بول ديفيز، ترجمة: منير شريف، مراجعة وتقديم: عادل يحيى أبو المجد ؛
ط ١ – القاهرة : المركز القومي للترجمة ، ٢٠١٠
٥٦٤ ص، ٢٤ سم
١- أصل الحياة
٢ – النشوء والارتقاء
(أ) شريف، منير (مُترجم)
(ب) أبو المجد، عادل يحيى (مراجع ومقدم)
(ج) العنوان ٥٧٦,٨٣

رقم الإيداع : ١٣٧٩٦ / ٢٠٠٩
الترقيم الدولى : I.S.B.N - 978 - 977 - 479 - 458 - 7
طبع بالهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية

المحتويات

في ذكرى «كيث رونكوم»

"Keith Runcom"

مقدمة المراجع

مؤلف هذا الكتاب – بول ديفيز – من كبار علماء الفيزياء النظرية وله مئات الأبحاث في هذا المجال، كما أنه ألّف عشرات الكتب التي يبسط فيها النظريات الفيزيائية والفلكية، وترجم بعضها إلى العربية، لكنه في هذا الكتاب اختار موضوعًا بعيدًا عن تخصصه – وهو أصل الحياة – هذا وإن دخلت الفيزياء النظرية بعضًا من شعابه. وقد درس المؤلف عديدًا من المراجع والأبحاث عن مختلف أشكال الحياة على سطح الأرض، وفي أعماق محيطاتها وتلك التي ربما أتت مع النيازك من الفضاء الخارجي، محاولاً الإجابة عن الأسئلة، التي طالما شغلت اهتمام العلماء والفلاسفة وغيرهم من قادة الفكر ورجال الدين عن كيفية نشأة الحياة والصور التي سرت بها.

ويبيّن المؤلف في هذا الكتاب أن نظرية النشوء والارتقاء قد تطورت بدورها بدءًا من التفكير الساذج بأن أشكال الحياة نشأت عشوائيًا وتطورت من أشكال أقل تكيفًا مع البيئة إلى أشكال أكثر تكيفًا إلى التفكير الأكثر اتفاقًا مع الرياضيات الحديثة، وهو التطور نحو المزيد من التعقيد – وأن هذا الاتجاه في التطور ليس بالاتجاه الوحيد، فهناك أمثلة عديدة تتنافى مع ذلك الاتجاه – كما استعرض المؤلف المناقشات حول ما إذا كانت الحياة نشأت خارج الأرض، وربما خارج النظام الشمسي كله، وهل نحن وحدنا في الكون أو أنه توجد حيوات أخرى ربما أكثر تقدمًا منا؟

وترجم هذا الكتاب – منير شريف – الذي حصل (من بين درجات علمية أخرى مساوية) على ليسانس في الفلسفة، وترجم العديد من الكتب عن أصل الكون وفيزيائه – بعضها للمؤلف الحالي – لكنه جديد أيضًا على البحث في أصل الحياة،

مما جعله يبذل مجهودًا مضاعفًا عند ترجمة هذا الكتاب، وذلك بالبحث فى أمهات الكتب عن بيولوچيا الحياة وكيميائها. فأضاف تذييلات كثيرة زادت الكتاب وضوحًا.

وإننى أرى أن عدم تخصص المؤلف والمترجم – والمراجع أيضًا – فى العلوم البيولوچية، جعل الكتاب الذى بين يدى القارئ أكثر بساطة وإمتاعًا، خاصة بالنسبة لغير المتخصصين الذين يريدون التعرف على أحدث النظريات فى هذا المجال المهم والجديد.

د. عادل أبو المجد

أستاذ الفيزياء – جامعة سيناء

يناير ٢٠٠٩

تصدير المترجم

سؤال قديم ومتجدد شغل بال الإنسان منذ بدء الخليقة ومنذ هبّ واقفًا على قدميه «من أين جاء؟ وبالتالى كيف سارت به الحياة على هذا الكوكب؟» وتنوعت الإجابات ما بين البسيطة والعميقة من آراء دينية وفلسفية وعلمية وعبر سائر الحضارات: مصر القديمة والصين وبابل وآشور واليونان وغيرها، كما حفلت علوم الكلام الإسلامية بمباحث عدة في هذا الخصوص، كما حثّنا القرآن العظيم على «النظر»، «كيف بدأ الخلق؟» ليزداد إدراكنا بعظمة الله سبحانه وتعالى وأن «ليس كمثله شيء». ولست هنا فى مجال بحث كيف توقف «النظر» في الشرق ونما بخطى حثيثة متسارعة فى الغرب إلى أن وصل إلى ذراه الحالية والتى مكّنته من الهيمنة على العالم بأسره على نحو أو آخر.

ولست أيضًا فى مجال تمحيص القول بأن ثمة ميدانين، أحدهما يختص بالعقيدة، والآخر يقتصر على العلم وينفصلان عن بعضهما البعض تمامًا فلا يحدّ أيهما الآخر بأى حد إنْ سلبًا أو إيجابًا (وهو رأى شائع لدى جمهرة غير قليلة من العلماء الموثوق بهم) أو الرأى المعاكس الذى يرى أنهما متصلان، يكمل كل منهما الآخر، حتى إن عددًا غير قليل من الثيولوجيين يستخرجون ما ينم عن «العلم» بمعناه الحديث والمعاصر من بين ثنايا آيات القرآن، إنْ بحق أو عن طريق ليّ المعانى ودلالة الكلمات، وهو ما يشيع على نحو باطنى غامض لدى أكثر المتدينين وبين جمهرة المشايعين لأى دين آخر سماوى أو غير سماوى... ليس هذا إذن موضوعنا الحالى إنما فقط أشير إلى مقولة رددها يومًا واحدٌ من بين القمم فى العلم والذى جابت شهرته الآفاق ألا وهو «أينشتاين» إذ ذكر ما معناه: أن الدين من دون علم سيكون مُعَوّقًا وأن العلم من دون دين سيكون فاقدًا للمعنى.

ولكى أمهد لهذا الكتاب أقول إن العلم فى مسيرته، والتى بلغت أقصى سرعاتها منذ مشارف النصف الثانى من القرن العشرين حتى إنه يقال إن ما حصلته البشرية من علم فى النصف الأخير من القرن الماضى وحتى الآن يبلغ أضعاف ما حصلته على مدى عمرها كله. كما صاحب هذا التقدم تقدم آخر، دعّم الأول ودفع بسرعته وهو الذى جرى فى ما نعرفه من وسائل العلم وأجهزة القياس. وكان على السطح من مجالات البحث: «أصل الكون» (وقد تناوله المؤلف ذاته فى كتاب له، قمت بترجمته من قبل بعنوان عربى: «الاقتراب من الله» منذ سنوات قليلة ولكنه مازال قيد النشر) ثم «أصل الحياة» الذى هو موضوع الكتاب الحالى، ولن أملّ القول بأنه مهما بدا مستغربًا لدى القارئ المصرى/ العربى من تناول هذه الموضوعات من خلال العلم على مدى السنوات، بما فيها من إنفاق أموال طائلة وساعات بغير حصر ينفقها العلماء فى جهد جهيد، بينما ثمة إجابة تنام فى حضن التفسير السهل لمقولات الدين، والتى يستريح إليها أغلب الناس فى بلادنا ألا وهى: أن الله سبحانه قد خلق الكون والناس على ما هما عليه، وفى ذلك الكفاية، فلماذا هذا الجهد فى أمر لا ينفع؟!! وأعنى بذلك المبدأ الفلسفى «السبب الكافى».

أقول مهما بدا ذلك غريبًا فلن أملّ القول بشأن أمرين: فمن ناحية أن الله يأمرنا بالبحث فى أصل الخلق: ﴿قُلْ سِيرُوا فِي الْأَرْضِ فَانظُرُوا كَيْفَ بَدَأَ الْخَلْقَ ثُمَّ اللَّهُ يُنشِئُ النَّشْأَةَ الْآخِرَةَ إِنَّ اللَّهَ عَلَى كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ﴾ **الآية «٢٠» «سورة العنكبوت»**، وغيرها من الآيات التى تدور حول نفس المعنى، وعلى الناحية الأخرى فإنك بنظرة متأملة قليلاً حولك ستجد أن أغلب التقنيات – العديدة والتى يصعب حصرها – التى تنعم بها البشرية قاطبة، قد تولدت من رحم هذا «الأصل» كونًا كان أو بشرًا. وإذا حاولت أن أعدد، ليس كل وإنما بعض، أهم هذه التقنيات فستضيق عنها صفحات هذه المقدمة، ولكن أكتفى بذكر أحدثها وأقصد به «الخلايا الجذعية» وكيف فتحت الباب واسعًا أمام العلماء للتوصل إلى الحد من أمراض ظلت لسنوات، بل قل قرونًا طويلة، مستعصية على العلاج.

ماذا إذن عن صاحب الكتاب وموضوعه؟ هو عالم بريطـــانى جهبــذ فـــى الفيزياء، أنجز درجته العلمية (دكتوراه الفلسفة فى الفيزياء) وحـــاز علـــى شـــهرة عالمية عبر ما تقلده من مناصب أكاديمية فى الجامعات الكبرى وأكثر مـــن ٤٠٠ ورقة بحثية منشورة فى المجلات العلمية المُحَكّمة، وأكثر من ٢٥ كتابًا فى العلـــوم (تُرجمت لأكثر من عشرين لغة، من بينها العربية – ثلاثة كتب فقط فـــى حـــدود علمى)، هذا فضلاً عن تقلده عدة جوائز علميـــة مهمـــة وظهـــوره المـــدوّى فـــى مؤتمرات علمية وبرامج تليفزيونية، بعضها أعده بنفسه وحظى بقبـــول جمـــاهيرى عريض. وفى عام ١٩٩٠ هاجر من بريطانيا إلى أستراليا، مركزًا جهده فى علوم «الكونيات» وحيث يشغل حاليًا مستشارًا علميًا للمعهد الأسترالى لـــــ: البيوفلـــك: وهو فرع مستحدث فى العلوم يعنى بالحياة فى الفضاء الخارجى، وكان آخر كتبـــه بعنوان «كيف تبنى آلة زمن» (قمت بترجمته أيضًا، وقيد النشر) وثمة اســـتعراض عاجل لسيرته الذاتية بتفصيل معقول بذيل الكتاب.

آلى المؤلف على نفسه – والذى يمثل أيضًا جزءًا من شهرته العلميـــة – أن ينزع فى كثير من كتبه بل أغلبها إلى تبسيط العلوم والحرص على نقل أعقـــد مـــا فيها إلى أسلوب يسهل فهمه للقارئ العام، بحيث تنمو معرفته عن الكـــون حولـــه، ومن ثم يُستكمل إدراكه للعلاقة بينه وبين هذا الكون – ويتجسد ذلك كله فـــى هـــذا الكتاب الذى صال وجال فيه فى موضوع «أصل الحياة» وكيف تم تناولـــه شـــرقًا وغربًا وشمالاً وجنوبًا سواء دينيًا أو علميًا، وبموضوعية وحيدة بالغتين، وانتهـــاءً إلى ما تم الكشف عنه مؤخرًا من كائنات ميكروسكوبية تعيش وتزدهر وتتوالد فـــى ظروف لم تكن تخطر على البال من قبل كدرجات حرارة تبلغ ١٨٠ درجـــة عنـــد فوهات براكين أعماق المحيطات أو فى درجات برودة قصوى أسفل جلاميد الـــثلج فى قارة أنتاركتيكا بالقطب الجنوبى المتجمد من الكرة الأرضية، أو لقرانها ممـــن يتغذى على القار وحده أو الأسمنت أو الكبريت وهلم جرا، مما اســـتدعى الـــسؤال مجددًا من أين بدأت المسألة وكيف وهل ثمة حياة ذكية فى أكوان أخرى باعتبار أن

كوكب الأرض هو واحد من الكواكب المحدودة فى النظام الشمسى الذى هو واحد من بلايين عدة من الأنظمة الشمسية فى مجرتنا وحدها (درب التبانة أو ما يسمى أحيانًا: الطريق اللبنى)، والتى هى بدورها واحدة من بلايين المجرات التى يزخر بها الكون؟ ولعل القارئ المتابع يدرك أن وكالة «ناسا» الشهيرة تقوم حاليًّا بإجراء بعض الاستقصاءات العملية لهذا الشأن بواسطة العربات الروبوتية التى تبتعثها إلى كوكب المريخ والتى تقوم باستكشاف أعماق سطح «المريخ»، ثم تحلله وتبعث بالنتائج والصور إلى الأرض. ثم لعلى أشير أيضًا إلى ما يقوم به حاليًّا معهد **CERN** بسويسرا من إعادة المجازيه للظروف التى تم فيها «الانفجار الكبير» لمحاولة تفسير كيف تشكّل الكونُ ومن أين جاءت المادة التى تملأه. وإلى آخره. «هل لى هنا أن أستشهد مرة أخرى بمقولة معروفة لأينشتاين: أريد أن أرى الطريقة التى صنع الله بها الكون».

وأختتم بحمد الله والثناء عليه أن مكننى من نقل هذه المعرفة وهذا النوع من التفكير للقارئ العربى – وهو وحده ولى التوفيق.

المترجم: منير شريف

نهايات صيف ٢٠٠٧

مقدمة المؤلف

ثمة واقعة محورية فى تاريخ العلم، برزت مع نـشر الأطروحـة المبهـرة لتشارلز دارون **Charles Darwin** تحت عنوان: «أصل الأنواع» **"On the Origin of Species"**[1]. فى العام ١٨٥٩. أعطى هذا العمل اقتناعًا لدينا عن كيف بـرزت الميكروبات عبر التدفق الهائل للزمن على هذا النحو المتنوع الـذى نـراه علـى الأرض في يومنا هذا. إلا أن دارون أغفل الإشارة إلى: كيف بـدأت الحيـاة فـى المقام الأول. «المرء أيضًا له أن يتأمل ويفكر حول أصل المادة» هكذا علق هـو. اليوم فإن الفيزيائيين قدموا على نحو ما شرحًا أو تفسيرًا لأصل المادة، ولكن أصل الحياة[2] بقى واحدًا من التحديات الكبرى للعلم. وقد ألمح مـرة فرانـسيس كريـك **Francis Crick** المكتشف المشارك لبناء الـ **DNA** إلى: «يبدو أنها تكـاد تكـون معجزة، لوفرة المشارطات التى من الممكن أن تجعل الحياة مستمرة فى السريان».

فى داخل «قشرة جوز»، تلك هى المشكلة. كيف لخليط من الـذرات غيـر ذات أهداف والعمياء، أن تحتشد أو تجمع ذواتها فى شكل تعقيد من شأنه أن يوقـع الروع فى النفس حتى فى أبسط تشكل كالميكروب مثلاً؟ هل هـى مجـرد حادثـة حدثت مرة واحدة فى الكون كنتيجة لتركيب كيميائى غريب؟ أو أن قوانين الطبيعة كانت متعاطفة بيولوجيًا، بحيث إن الحياة سوف تظهر فى أى موقع من الكون يبرز فيه كوكب شبيه بكوكب الأرض؟

التصديق بأن الحياة محفورة أو متجذرة فى قوانين الطبيعة، يحمل صدى من العصر الدينى البعيد، عن كون مُصَمَّم بحيث تسكنه الكائنات الحية. وعديـد مـن العلماء لا يعطون بالاً لمثل هذه الأفكار ويصرون على أن بدء الحياة كان مجـرد واقعة صدفوية كيماوية غير استثنائية، وتخص الأرض وحدها، وأن ظهور نتائجها

فى هذا التعقيد العضوى، ومن بينها الكائنات الواعية يشبه مصادفة بحتة ناتجة عن جزىء هائل فى عملية «يا نصيب». ويصر آخرون من ناحية أخرى، على أنه لا شىء يميز الأرض وحدها وإن الحياة منتج ثانوى لا يمكن تجنبه من عمل الفيزياء والكيمياء. وليس هناك أحسن من يتصدر وجهة النظر هــذه، ســوى البيولــوچى كريستيان دى دوف **Christian de Duve** والذى يعتقد أنه «أمر كونى» عليــه أن يظهر جليًا عندما تسمح له الظروف أو المشارطات بذلك(٣). ولو أن رأيه ذاك كان صحيحًا فإن الكون وكأنه يدخل فى مباراة مع الحياة.

وثمة كثير على المحك فى هذا الجدل أو التحدى لأنه يتعلق بموقع الإنسانية من الكون، وهل نحن وحدنا فيه أو لسنا كذلك؟ وفى أى شىء نتناسب مع الطريقــة العظمى للأشياء؟ ولو أن الحياة قد ظهرت هكذا «جاهزة» فإن هناك فرصة جيــدة لأن نصنعها بمجهود قليل فى المعامل. وستكون لها أيضًا تطبيقات تقنيــة، وثمــة كثير من الكيمابيولوجيين يعملون الآن على ذلك. والصور الجديــدة مــن الحيــاة ستكون بمثابة ثورة فى مجال الهندسة البيولوچية، والبيولوچيا الجزيئية، ويمكنهــا أيضًا «أرضنة» كواكب أخرى، أى جعلها أكثر شبهًا بالأرض، وربما تصبح فــى آخر الأمر صالحة لسكنى الإنسان. هذا وإنشاء الحياة داخل «أنبوبة تجارب» سوف يذهب بعيدًا لتعرية الغطاء عن السر فى كيف بدأت الحياة بشكل طبيعى.

وتشكل دراسة أصل الحياة وتوزيعها عبر الكون جــزءًا مــن الموضــوع المعروف بـــ «البيولوچيا الفلكية» **"astrobiology"**، والعلماء – وعلى نحو متزايــد – يسرى بينهم التمييز بأن قصة الحياة ليست فقط فى حدود الأرض، وإنمــا تمتــد إلى ما بين الكواكب وحتى الفضاء بين النجوم. والبحث الجاد المرهق لهذا الفــرع من العلوم يتركز فى التعرف على نشوء كوكب آخر، تكون الحياة قد بــدأت فيــه بشكل مستقل. وثمة موافقة عامة ترشح كوكب المريخ كى يمثل هذا الأمل، ولو أنه عبر نظامنا الشمسى فإن الكوكب «أوروبا» **"Europa"**، وهو أحد أقمار المشترى، يُعدّ بدوره مُنافسًا مُرشحًا إلى جوار المريخ. إلا أن المريخ هو الذى يحظى حاليًــا

بالتركيز عليه، وإليه توجه مهمات الفضاء الحالية أو الجارى التخطيط لها. على الرغم من أنه اليوم ليس إلا صحراء متجمدة، لكنه كان فى الماضى دافئًا ورطبًا، وليس بعيد الشبه عن الأرض. ومنذ أربعة بلايين من السنين مضت، ربما كان المريخ أكثر تناسبًا لسكنى الحياة أكثر من كوكبنا الحالى.

وليس واضحًا بصورة قاطعة أن الحياة الأرضية قد بدأت فعلاً فوق الأرض. ففى بواكير تسعينيات القرن الماضى اقترحت أنا، وبشكل مستقل جاى ميلوش **Jey Melosh** من جامعة أريزونا، أن الميكروبات الحية ربما جاءت إلينا عبر الصخور التى وصلتنا والتى نتجت عن انفجارات الكواكب وبتأثير الكويكبات (أشباه النجوم) والمذنبات. وبعض هذه الصخور قد تجد طريقها إلى الكواكب المجاورة وتزرع الحياة فيها. وبصفة خاصة، فإن الصخور التى قذف بها المريخ ربما أتت لنا بميكروبات مريخية إلى الأرض، مخصبة لها بأول أشكال الحياة. وإذا كان الأمر كذلك، فإننا نكون جميعًا لسنا إلا أخلاف لسكان المريخ. والعكس أيضًا صحيح، أى قد تكون الصخور التى قذفت بها الأرض قد وجدت طريقها للمريخ، واستعمرته من خلال الباكتيريا الأرضية. وفى أى الاتجاهين فإنه يبدو أن الأرض والمريخ ليسا منفصلين بيولوجيًا. وسواء كان أى من الطريقين، ومهما كان الأمر مدهشًا للغاية، فإنه يثير تعقيدات لأى محاولات تأسيس نشوء ثان للحياة فوق المريخ، إذ يبدو أن أحد الكوكبين قد لوث الآخر.

ومنذ طرحنا – ميلوش وأنا – هذه الفكرة فى البدء فقد لاقت قبولاً متزايدًا. هذا وقد تدعم السيناريو الرئيسى من خلال دراسة مفهومة أجراها كيرت ميلوكوسكى[٤] **Curt Meleikowsky** ونشرتها مجلة إيكاروس **Icarus**[*]. وقد أخذ زملاؤه المشاركون فى الدراسة فى اعتبارهم كل المخاطرات التى واجهت الميكروبات القادمة من المريخ إلى الأرض أو العكس، مع تركيز خاص على

(*) والكلمة إيكاروس تشير فى الميثولوچيا اليونانية إلى اسم لابن ديدالوس، والذى فرّ من السجن، محلقًا بجناحين شمعيين إلى حتى اقترابه من الشمس، حيث ذاب الجناحان وسقط هو فى البحر (المترجم).

الآثار التدميرية، التي يتسبب فيها النشاط الإشعاعي. وانتهوا إلى أن «سواء إن وجدت الميكروبات على المريخ مثلاً أو أنها موجودة الآن، فإن طريقًا لها إلى الأرض ليس مجرد إمكانية ولكنه لحتمال كبير، انتقالها من الأرض إلى المريخ أيضا ممكن ولكن بدرجة أقل».

واقعة جاءت بفكرة ترحال الميكروبات بين الكواكب وجعلتها بارزة على سطح هذا المجال، تتلخص في التصريح غير العادى الذى أدلى به الرئيس الأمريكي بيل كلينتون **Bill Clinton** في أغسطس ١٩٩٦ من أن وكالة ناسا **NASA** قد اكتشفت دليلاً على وجود الحياة على المريخ. والاكتشاف كان عبارة عن العثور على حجر نيزكي في قارة إنتاركتيكا **Antarctica**(*) عام ١٩٨٤، والذى عرف فيما بعد أن مصدره هو المريخ. وللتأريخ فإن ثمة أكثر من عشرين عنصرًا قد تم العثور عليها قدمت من المريخ تحت تأثير كونى على النجم الأحمر ودفعها من هناك إلينا. ولكن الحجر محل اهتمامنا هنا هو في حجم ثمرة بطاطس كبيرة، حافلة بملامح رفيعة من الباكتيريا المتحجرة. هل يمكن أن تكون بقايا لميكروبات مريخية؟

أثير الجدل طويلاً لعدة سنوات دون نتيجة واضحة. فالذين قللوا من شأن هذه البقايا قالوا بأنها فقاعات في الصخرة من التكوينات المعدنية غير الضارة. والدليل الدافع جاء من أصل بيوجيني جاء بدوره من حبيبات مغناطيسية داخل بعض هذه التكوينات. والحبيبات تلك لها تشكّل نقى من الباكتيريا الأرضية التى تستخدم المغنطيسية في تحليقها أو تنقلها[٥].

وبالرغم من أن دارون رفض أن ينقاد أو يقيد نفسه بمسألة ميكانيزم أصل الحياة، فقد أوضح في خطاب لأحد أصدقائه[٦] أن بركة صغيرة دافئة في مكان ما على السطح القديم للأرض، ربما احتضنت خليطًا كيميائيا. وبعدئذ بتأثير طاقة

(*) قارة غير مأهولة تقع فى القطب الجنوبى (المترجم).

ضوء الشمس تشكلت منه جزئيات أكثر تعقيدًا إلاّ أن التخمير بطريقة ما أثمر الحياة أو كان بمثابة «حضّانة» لها. وفى النهاية تحولت فكرة دارون هذه إلى النظرية المعروفة جيدًا المسماة «نظرية الشوربة البدائية».

وفى السنوات الأخيرة ظهرت معوقات جدية لوجهة النظر التقليدية فى هذه النظرية. فنحن نعلم الآن أنه أثناء أول ٧٠٠ مليون سنة من تاريخ الأرض تساقطت عليها، وبشكل قاسٍ، نيازك هائلة ومذنبات. وأكبرها ربما تسبب فى عقم أو جدب سطح كوكب الأرض بأن أحاط الكوكب برمّته بغمامة من بخار الصخور المتوهجة. والبركة الصغيرة الدافئة، أو حتى البحر، لم يكن ليشكل أيهما موقعًا واعدًا للحياة وسط الاضطراب الكونى آنذاك. ولكن الآن ظهرت خيوط جديدة من الأدلة. فقد بدأ العلماء خلال التسعينيات فى اكتشاف الكثير والكثير من الميكروبات التى يمكنها العيش فى ظل ظروف غاية فى التطرف، وهى جميعًا أصبحت تسمى الأوفيليات القصوى **extremophiles**(*). ومن أشهرها تلك المحبة للحرارة الشديدة والمسماة الأوفيليات فائقة الهيام بالنشاط الحرارى **hyperthermophiles**(١). وأكثر هذه شهرة تلك التى تنمو فى الماء المغلى المتدفق من فتحات البراكين على أرضية المحيطات والتى تزيد درجة الحرارة فى بعضها على نقطة الغليان العادية للماء. ومشروعات الحفر المتعددة على الأرض تحت سطح البحر، بدورها تكشف أن الجزء القابل للسكنى فى الأرض يمتد لعمق عدة كيلومترات فى القشرة الساخنة للأرض. ويبدو أن الصخور تحت أقدامنا حافلة بالحياة الميكروبية.

هذا المجال الموجود تحت سطح الأرض يفتح الباب لإمكانية جديدة للحياة الباكرة. باعتبار أن ما تحت الأرض فى هذا العمق، والذى يمثّل ملاذًا لمحبى الحرارة العضويين، سيكون بمثابة حماية لهم من القذف الكونى أو التراشق الكونى. وربما تكون التشكلات الأولى للحياة الأرضية قد عاشت فى ذلك العمق

(*) أقرب شرح لكلمة أوفيلو والتى تعنى باليونانية "حب" هو أن هذه الميكروبات من محبات الحرارة أو النشاط الحرارى الأقصى (المترجم).

المتقد من قشرة الأرض، ثم هاجرت بعد ذلك للسطوح الباردة فقط عندما تحسنت الظروف. وهذه النظرية يدعمها الدليل الجينى القائل بأن أقدم وأعمق فروع شجرة الحياة تشغله تلك الأوفيليات المُغْرمة بالنشاط الحرارى الفائق **hyperthermophiles**. ومثل هذه الميكروبات لم تزل حية فى أحفورياتها، ولم تزل متمسكة بأسلوب حياتها القديم بعد بلايين السنين التى مرت عليها.

هذه الاكتشافات نقلت البحث عن الحياة القديمة فوق المريخ أو القمر «أوروبا» بأمل ولو ضعيفًا للعثور على شىء حى فوقهما أو على أحدهما. هذا وقائمة المعلومات الواردة من مجسات أو مسابر الفضاء تظهر أن ثمة ماءً وافرًا فوق المريخ محبوسًا فى التربة التى تشكل الجلاميد، وربما بعيدًا تحت السطح، فإن الحرارة الداخلية للكوكب قد تذيب هذه الجلاميد لتشكل جوًا يحتضن الأوفيليات العضوية القصوى **extremophile** المشابهة للتى تشكلت تحت سطح الأرض.

ولأنه كوكب صغير فقد كان المريخ أسرع فى برودته عن الأرض. وعليه فإن المنطقة المناسبة لمُحبَّات الحرارة الباكرات هذه، والتى احتمت من التراشق الكونى ستكون أعمق بالنسبة للمريخ، داعمين فكرة أن الحياة ربما ازدهرت على المريخ قبل ظهورها على الأرض بمئات بلايين السنين، وأنها ربما انتقلت إلى الأرض داخل المقذوفات الصخرية.

وامتدادًا للنظر فى هذا الحقل فلقد شهدت السنوات الأخيرة اكتشاف حوالى مائة كوكب فيما وراء نظامنا الشمسى، وهذا يمثل مشهدًا ضاغطًا نحو العثور على الحياة فوق أيها. وهذه الكواكب فيما وراء النظام الشمسى قد تم سبرها على نحو غير مباشر عبر الذبذبات أو الترنحات التى تنشئها فى آبائها النجوم. وهذه التقنيات كانت لصالح سبر الكواكب الضخمة التى تدور فى مدارات صغيرة، وبالتالى لن تكشف عن وجود كواكب شبيهة بالأرض. إلا أن الخطط الطموح تسير على خطى قاعدة فضائية منظارية تهدف لما يعرف بـ «الكوكب الأرضى» '**Terrestrial Planet**' وبالعثور على مثل ذلك لن يتيح فقط الكشف عن كوكب صخرى صغير،

ولكن سيتيح أيضًا سبر التوقيع المفتاح للحياة، مثل طبقة الأوزون الموجــود حاليًّــا فى الجو الأرضى.

والحديث عن الحياة فوق كواكب أخرى يفتح الطريق لمــشهد آخــر عــن الكائنات الذكية ووجود حضارات أخرى فى الفضاء المترامـــى، وداخــل نظامنــا الشمسى، فإن هدف العثور على أى نوع من الحياة أكثر تعقيــدًا مــن الباكتيريــا البسيطة هو غرض ناء وشديد البعد إلى أقصى حد. ولكن لو ثمة كــرات أرضــية أخرى بعيدًا فى المجرة، فربما أن الحياة برزت هناك لتشكل نباتًــا، وحيوانــات أو حتى كائنات ذكية. ونحن ببساطة لا نعرف، ولكن من المعقول أن نلقى نظرة على الأمر. منذ أكثر من أربعين سنة قامت مجموعة صــغيرة مــن الفلكيــين بمــسح السماوات عبر تليسكوبات راديوية، بأمل أن يتوصلوا أو يعثروا على إشارة مــا أو رسالة قادمة من حضارة فضائية، وحتى الآن لم ينجحوا فى ذلك، إذ ربما أنــه لا توجد مثل هذه الحضارة، أو لو أنها موجودة فلم تبعث بأى رسالة فى اتجاهنا.

ولكن شيئًا واحدًا هو الواضح، لو أن الكــون متعــاطف بيولوجيًــا لدرجــة أنه يمكن للحياة أن تنشأ بشكل جاهز بمجــرد تــوافر شــروطها، ومــن ثــم فإنــه يوجد كثير من الوقت الذى مــر لإحــداث تطــوير لإنتــاج الــذكاء فــى عــوالم أخرى. حيث إن الشمس والكواكب قد تشكلت منــذ أكثــر قلــيلاً مــن ٤,٥ بليــون سنة مضت، بينما الكون عمره يصل إلى ١٣ بليــون ســنة. ويــصبح مفهومًــا أن الذكاء انبثق فى مكان ما فى المجرة قبل وجود الأرض ذاتها.

وأصل الكون وتطوره ككل من العوامل المهمة في قصة الحيــاة. والــدليل الفلكي يكشف أن الكون قد ولد مــن انفجــار كبير **"big bang"** مصحوبًا بهَبّة من الحرارة الشديدة. ومنذ الثانية الأولى لهــذا الانفجــار ظهــرت القــوى الأساســية والعناصر التأسيسية للمادة. وبنهاية تلك الثانية كانت المواد الضرورية للكــون قــد تشكلت بالفعل. وكان الفضاء في كل مكان مملوءًا بــــ «شــوربة» تخــتلط فيهــا عناصر تحت ذرية كالبروتونات والنيترونات والإليكترونات تحيط بها إشــعاعات فى درجة حرارة تبلغ حوالى عشرة بلايين درجة.

وبالمستويات الحالية فإن الكون فى تلك الفترة كان من دون ملامح على نحو مدهش، والمواد الكونية كانت مبعثرة فى الفضاء تقريبًا من دون هيئة أو شكل معين. والحرارة فى كل مكان هى نفسها تقريبًا. والمادة مكشوفة أو عارية عن شكلها إلى حتى شكل مكوناتها الأساسية فى ظل تلك الحرارة المرعبة. أى أنها كانت فى حالة بساطة أنيقة. وأى ملاحظ نفترضه آنذاك، لن تكون لديه معرفة ولو طفيفة بأن هذه الحالة غير واحده تنبئ بأن الكون يحمل فى طياته تلك الطموحات غير العادية. وليس ثمة تفسير سوف لا يتفق مع هذا، منذ عدة بليونات من السنين، فإن تريليونات من النجوم المستعرة لا بد أنها نظمت نفسها إلى البلايين من المجرات ذات الحركة المغزلية، ولدرجة أن النباتات وبللورات الكريستال والسحب والمحيطات وأنهار الجليد قد ظهرت جميعها. وأن الأشجار والأفيال والأسماك سوف تقطن واحدًا من تلك الكواكب، وأن هذا العالم سوف ينذر بوجود «ضحكة» إنسانية. ولا شيء من كل هذا كان يمكن التكهن به.

وبما أن الكون يتمدد من حالته المبدئية، فهو إذن يبرد، ومع انخفاض الحرارة تأتى إمكانيات أكثر، فالمادة كانت قابلة للتجمع بشكل كلى أو إجمالى فى بناء لا شكل له، والتى شكلت بذورًا للمجرات الحالية. وبدأت الذرات فى التشكل، ممهدة الطريق للكيمياء كى تشكل الأشياء الفيزيائية الصلبة.

وعديد من الظواهر العظيمة انبعثت فى الكون منذ ذلك الوقت: ثقوب سوداء هائلة تزن ما مقداره يكافئ وزن بليون شمس، تلتهم النجوم، بينما تنفث دفقًا من القوى الغازية، ونجوم نيترونية تدور حول نفسها ألف مرة فى الثانية، وموادها تنسحق إلى بليون طن فى السنتيمتر المكعب، والعناصر تحت الذرية تراوغ لدرجة اختراقها سنوات ضوئية فى ممر متماسك وموجات الجانبية «الشبحية» التى لا تترك ممراتها أى أثر أو طبعة على الإطلاق قابلة لأن تُدرك أو تُرى. ومع ذلك، ولو أنه يثير الدهشة، فإن ظاهرة الحياة ملحوظة بما يعدل كل تلك الظواهر مجتمعة. فإنها لم تأتِ بأى تغيّر مفاجئ أو دراماتيكى فى مشهد الكون، باعتباره متناغمًا

ومتضامًا ومتكاملاً. ومهما كان أمر الحياة، فإن التغيّرات التى وقعت ومهما كانت على نحو خام أو مصنوع، فقد كانت تدريجية. أما – بصرف النظر عن كل شئ – بمجرد بزوغ الحياة فإن الكون لم يعد كما كان قبلها. وببطء ولكن تأكيدًا فقد انتقلت الحياة إلى كوكب الأرض. وبتقديمها طريقًا للوعى، والذكاء، والتقنية، فقد أصبحت طامحة وواعدة بتغيير الكون.

وهذا الكتاب يسلط الضوء على أصل الحياة. ومشكلة نشوء الحياة (من حياة سابقة) تنقسم إلى مشكلات «أين؟» و«متى؟» و«كيف؟». وسوف نرى أن العلماء لديهم فكرة كافية عن متى أسست الحياة نفسها لأول مرة على الأرض. وبالنسبة لأين؟ وعلى أى جزء من الأرض كان ذلك، فإن الدليل يشير على نحو متزايد إلى موقع حار تحت السطح، ربما قريب من فتحة أو منفذ بركان فى المحيط أو فى عمق الصخور تحت البحر. ولكن مادامت الحياة إنتقلت من اللا حياة على الأرض أو على المريخ أو عليهما معًا، فإن السؤال يبقى مفتوحًا.

هذا والجزء فى المتاهة الخاص بـ «كيف» هو أصعب الأسئلة الثلاثة فى مجال حله، وبشكل جوهرى هو الأكثر إغراءً وإدهاشًا. وعندما قدم دارون المشهد المتعلق بالبحيرة الصغيرة الدافئة، كان معتقدًا أو مفترضًا بأن الحياة هى نوع من «المادة السحرية» أو شكل خاص، بل غامض من عنصر عضوى. ويبدو من الطبيعى التفكير فى وجود وصفة كيماوية تنبعث منها الحياة، عندما يتم اتباعها فى المعمل. أشبه بعملية إنضاج «كعكة» فإن السؤال سيكون منحصرًا فى كيفية خلط العناصر المكونة لها بالطريقة الصحيحة حتى تثمرها حيّة أمامنا – واليوم تبدو هذه الوجهة من النظر بشأن الحياة خالية من الرشد. لأن تطور الجزيئات العضوية كشف عن أن آلية الحياة معقدة بشكل مذهل. إنها ليست مجرد المواد التى صُنعت منها الحياة، هى العنصر الفعال فى الأمر. وإنما التعقيد الذى يصعب حلّه والتخصص العضوى المعقد للجزيئات الحية. والدرس المركزى المستفاد من الجزيئات العضوية هو أن الحياة تقوم بسحرها من خلال إجراءات إعادة نسخ

المعلومات. وأنها تقوم بذلك من خلال توظيفها لسوفت وير رقمي يستعمل الأرقـام ٣، ٤، و٢٠، وكتأثير نَجَمَ عن ذلك فإن الخلية الحية ليست مـادة سـحرية كـشأن الكمبيوتر الفائق القدرة **Super computer**.

والطبيعة المعلوماتية للحياة تفيد التعقيد فى مشكلة نشوء الحيـاة. والعـبء يتحصل فى شرح، ليس كيف تجمعت المواد المناسبة مع بعـضها (الهـاردوير)، وإنما كيف بزغت المنظومة المعلوماتية (التحكم فى السوفت وير). وبينمـا لـيس مشكوكًا فى صحة أن الكيمياء سوف تستمر فى مدّ مشكلة نشوء الحياة بالمعلومات عبر طرق مهمة، فأنا أعتقد أن تقدمًا حاسمًا فى مجال فك سر الحياة، سوف يأتينـا من دراسة نظرية المعلوماتية والتعقيد. مثل هذه الموضوعات لم تـزل بعـد فـى مرحلة طفولتها، ولكن من الواضح فعليًا أن ثمة مبادئ كونيـة موجـودة ظاهريّـا بالفعل، والتى تنطبق على تعقيد حالة المادة الحية والمادة غير الحية.

وشعورى الشخصى أن فهمًا كاملاً لطبيعة وسر الحياة سوف يتطلب أيـضًا أن نأخذ فى حسباننا قوانين فيزياء الكم. هذا وقواعد «اللعبة» الكمية تبدو لنا كما لو كانت قدرًا عاثرًا، فعلى سبيل المثال فإن النظم الكمية تقوم على المبـدأ المنـسوب لهـايزنبرج والخـاص بـ «اللا يقين» والذى يورثنا الحيرة والارتبـاك. والـلا حتمية فى الطبيعة، لدرجة أنه من غير الممكن التنبؤ بما سيفعله نظام كمـى بـين لحظة واللحظة التالية. كما أن ثمة ملمحًا غريبًا آخر، يتمثل فى أن عنـصرًا مثـل الإليكترون يمكنه أن يتواجد فى أكثر من حالة فى نفس الوقت، على سبيل المثـال، فإنه ربما يتواجد فى مكانين أو أكثر فى المرة الواحـدة، أو أن حركتـه المغزليـة سوف تتجه إلى أعلى وإلى أسفل معًا فى آن واحد. ومن الناحية التقنية يسمى هـذا أو يعرف بالـ: **superposition**. والأكثر من ذلك فإن اثنين، أو أكثر من العناصر الكمية يمكن أن تظل مرتبطة حتى لو كانت متباعدة عن بعضها بتأثير مـا سـماه أينشتاين «التفاعل الشبحى عبر المسافات».

تغيّر هذه الملامح الشاذة والغريبة من طبيعة التوظيف المعلوماتى على المستوى الذرى بشكل جوهرى، هو الحقيقة التى انجذب لها الكثير من انتباه الفيزيائيين والمهندسين مؤخرًا. وإذا كان ممكنًا إعداد أو تجهيز تأثيرات كمية بشكل كاف، فإن العناصر الذرية وتحت الذريه يمكن استخدامها لتسريع أى عملية حوسبة كمبيوترية بأكثر من أى ما يمكن أن يفعله كمبيوتر فائق موجود. والجنس البشرى يقترب للغاية من بناء كمبيوتر كمى وظيفى، سوف تكون له قوة خاطفة للأنفاس(٧). فعلى سبيل المثال يستطيع كمبيوتر كمى تام مصنوع من عشرات قليلة من الذرات أن يجسّد الكون على نحو أفضل كثيرًا مما يستطيعه أحسن كمبيوتر معاصر. وليس نوعًا من المبالغة القول بأنه إذا تم بناء كمبيوتر كمى فسوف يعنى هذا تقدمًا تقنيًا بحجم اكتشاف أصل الكمبيوتر الإليكترونى الموجود حاليًا.

وهل تكون الطبيعة قد استغلت بالفعل قدرة ميكانيكا الكم لتحليل المعلومات؟ أم أنها المرة الأولى فى التاريخ (مع إمكانية استثناء «العجلة») التى طورت فيها البشرية تقنية غير معروفة فى أى مكان آخر فى العالم الطبيعى؟ وإذا كانت إجراءات المعلوماتية الكمية حادثة فى الطبيعة، فأى مكان سيكون أفضل لها من الخلية الحية التى تمثل الكمبيوتر الفائق للطبيعة؟

وبالطبع، وعند مستوى معين فلا بد أن تلعب ميكانيكا الكم دورًا فى الحياة، ولو فقط بإمدادنا بالروابط الكيميائية الجزيئية الضرورية لوظائف الحياة. ولكن يمكن لهذا الدور أن يكون أكثر أهمية من ذلك؟ هل تذهب آلية الجزيئات الحية إلى ما وراء المبدأ البسيط المسمى مبدأ الليجو **Legoprincipal** «بأشكاله المتعددة، مرتبطة ببعضها فى قضيب واحد، وتقوم فعلاً بتجهيز القدر العاثر الكمى الذى أشرت إليه قبلاً باختصار، وأن هذا القَدَر العاثر سوف يمكّن «كمبيوتر» كميًا من تجسيد هذا العمل البطولى المدهش الخاص بالمعلوماتية.

أنا من أول الموافقين على أن تلك فكرة مشهدية هائلة. وتدل الحسابات البسيطة على أن التأثيرات الرقيقة أو الضعيفه للكم التى كتبت عنها هى رقيقة

بدرجة لا تكاد تصدق، وأنها يمكن أن تتدمر بسرعة فـــي «مستــشفى مجاذيــب» الجزيئات في الخلية. ولكن ربما توجد طرق تسمح للجزيئات العضوية المحتــشدة بأن تحمى نفسها من هذا التحلل أو التفسخ بتلك الصورة العنيفة. بالتأكيــد نحتــاج لمزيد من البحوث لأجل الحصول على إجابة. وفى هذا الحين فثمة دليــل ظرفـــي على أن الخلية قد تأخذ هيئة كمبيوتر كمي. وهذا الدليل أتـــى بـــه أبورفـــا باتـــل **Apoorva Patel** بالمعهد الهندى للعلوم فى بنجالور **Bangalor**[٨]. أشار باتل إلـــى أن الأرقام ٣، ٤، ٢٠ التى تميز الشفرة الجينية، تظهر بـــشكل أوتومـــاتيكى فـــى مشكلة معروفة جيدًا فى مجال الحوسبة الكمبيوترية الكمية، وهى عنـــد اســـتهداف البحث عن قاعدة معلومات لأشياء لا مصدر لها. وهذه مجرد واحدة ولو صـــغيرة نوعًا، تعنى أن الـــ **DNA** ربما يستخدم المواقع الفائقة الكمية لكى يقـــوّى كفاءتـــه الوظيفية.

من الناحية الوظيفية فأنا فيزيائى نظرى، والقارئ قد يعجب لماذا أكتب فـــى مجال البيولوجيا الفلكية. لقد كنت دومًا مغرمًا بمـــشكلة أصـــل الحيـــاة، والـــسؤال المتصل بها عما إذا كنا وَحْدَنا فى الكون أو أننا لسنا وحدنا. ويمكننى تعقـــب هـــذا الإغواء أو التعلق بالموضوع منذ أن كنت طالبًا يدرس الفيزيـــاء بإحـــدى كليـــات جامعة لندن فى ستينيات القرن الماضى. ومثل كثير من أصدقائى قـــرأت روايـــة خيال علمى رائعة لـــ «فريد هُويل» **Fred Hoyle** بعنـــوان «الـــسحابة الـــسوداء» **"The Black Cloud"** عن وصول سحابة ضخمة من الغازات إلى فـــضاء النظـــام الشمسى[٩]. ومثل هذه السحب معروف جيدًا للفلكيين لكن فكـــرة هُويـــل الجاذبـــة للاهتمام هى افتراضه بأن هذه السحابة قد تكون حيّة. الآن هذا قد يكـــون مجـــرد أحجية. كيف تكون سحابة ضمن الأحياء؟ ولقد تحيرت فى نشأتها طويلاً. وبالتأكيد سحب الغاز لا بد لها أن تطيع قوانين الفيزياء؟ كيف يتسنى لها أن تنجـــز ســـلوكًا استقلاليًا أو بشكل منفرد بعيدًا عن نفوذ تلك القوانين؟ هل تمتلك أفكارًا؟ هل لـــديها اختيارات؟ ولكن حينئذ، وهذا حدث لى، كل الأعضاء الحية يفتـــرض خـــضوعها

لقوانين الفيزياء، ولكن عبقرية هويل كانت فى استخدامه نموذج السحابة ليبرز لنا هذا التناقض بطريقة تتسم بالقوة. بقيت مصدومًا وشبه مضطرب. وتعجبت متسائلاً: ما هى بالضبط الحياة؟ وكيف تسنى لها أن تبدأ؟ هل ثمة شىء مضحك يجرى داخل الأعضاء الحية؟ وعند هذا الوقت بالضبط أعطانى المشرف على رسالتى للدكتوراه (كتدريب عن تحور الضوء) بحثًا للفيزيائى المحترم إيچين ڤيجنر **Eugene Wigner**، وزبدة الكلام فى هذا البحث أنه يبرهن على أن نظامًا فيزيائيًا لا يمكنه أن يحقق الانتقال من اللا حياة إلى الحياة دون انتهاك للفيزياء الكمية(١٠). وهكذا فإن ڤيجنر اعتقد بأن ثمة شيئًا «مضحكًا» قد وقع عند بدء الحياة.

وبعد وقت قليل عقب ذلك دفع المشرف لى ببحث آخر يتصل بالبيولوچيا وهذه المرة كان صاحب البحث هو الفيزيائى البيولوچى براندون كارتر **Brandon Carter** والذى صور لى مشكلة مهمة ومثيرة بشأن الحياة، وهى التى تفادت الحاجة للقلق عن كيف بدأت بالفعل. طرح كارتر السؤال: ما الخواص التى حازها الكون الفيزيائى بحيث وجدت الحياة من أى نوع أولاً وأخيرًا؟ افترض أنك بطريقة سحرية استطعت أن تغيّر فى قوانين الطبيعة أو الشروط المبدئية للانفجار الكبير، فإلى أى مدى تستطيع أن تغيِّر القوانين الأساسية لبناء الكون بحيث تظل تسمح بالحياة؟ وإذا أخذنا مثالاً بسيطًا، فإن الحياة كما نعرف جميعًا تتطلب عناصر كيميائية معينة خاصة الكربون. ولكن ذرات قليلة من الكربون صُنعت في الانفجار الكبير، فغالبيتها تم صنعها بداخل النجوم. وقد لاحظ فريد هويل بالفعل أن الإنتاج الناجح للكربون في النجوم هو بالفعل عملية من قبيل إلمس وامض " **touch and go**". وأنها تعتمد على نحو رقيق على خواص قوى الذرات. وعامل غير بارع أو غير ماهر وفى ظل القوانين الأساسية لفيزياء الذرات، والكون، ربما سيحصل على قليل من الكربون أولا كربون بالمرة وربما لا حياة. وأفكار كارتر أصبحت معروفة «بالمبدأ الأنثروبولوچى» **"the anthropicprinciple"** وتقترح على نحو متهور وجزئى أن مسألة وجود الحياة هى مسألة يمكن قياسها كنتيجة لمصادفات سعيدة فى البناء الرياضى التحتى للكون.

ومع جرأة الفكرة المصرح بها في بحث كارتر، فلقد ظل سر الحياة على حاله: غير مشروح أو مفسر، وبعد قليل من الوقت، توظفت أنا كباحث مشارك في معهد الفلك النظري بكامبريدج، والذي كان يديره فريد هويل والباحث المشارك براندون كارتر Brandon Carter، وهناك صادفت كتابًا صغيرًا لخص المشكلة لدي، إذ يحمل عنوانًا: ماهي الحياة؟ What is life? من وضع الفيزياتي إيروين شرودنجر Erwin Schrodinger، ويشرح لماذا يبدو النظام العضوي غامضًا من وجهة نظر الفيزياء[١١]. وبعدها اكتشفت أن هذا الكتاب كان صاحب تأثير هائل أو مكثف منذ عشرين عامًا في الأيام الباكرة لموضوع البيولوچيا الجزيئية.

وللأسف فقد أثار كتاب شرودنجر لديّ المزيد من الأسئلة عوضًا عن إجابات قد أعثر عليها، وسلمت بأن مسألة التوالد البيولوچي في تفكيري تمثل هدفًا صعبًا للغاية. ومع ذلك فقد أعطاني كارتر نسخة منقحة من بحثه عن المبدأ الأنثروبولوچي (والذي لم ينشرها أبدًا)[١٢]، ومع زميل باحث بالمعهد نفسه يدعى بل ساسلو Bill Saslaw، أصبحنا كمن يخوض في الماء دون طائل مع أفكار كارتر. حتى إننا حاولنا الالتقاء مع فرانسيس كريك Francis Crick، الذي كان يعمل وقتئذ في معمل المجمع الطبي بكامبريدج. ووجدنا أن كريك كان مشغولاً، وبدوره بدا كارتر وأن كل ما يعنيه هو الحصول على مؤيدين بدرجة جيدة لمبدأه الأنثروبولوچي، حتى إن انشغالي أو اهتمامي بالمسألة البيولوچية بدأ في الخفوت.

ومرت عدة سنوات بعدها حتى بواكير الثمانينيات، حيث أقام مارتن ريس Martin Rees (الذي حاز بعد ذلك لقب «سير» Sir وأصبح الفلكي «الملكي") مؤتمرًا عامًا تحت عنوان: «من المادة إلى الحياة» 'From Matter to Life». استطاع ريس مع زميل له فلكي يدعى برنارد كار Bernard Carr أن يعيدا الحياة لموضوع المبدأ الأنثروبولوچي في بحث[١٣] شهير لهما، نشرته مجلة «الطبيعة» Nature عام ١٩٧٩. وقد تسنى لمؤتمر أُقيم في ذلك الوقت أن يحضره فيزيائيون وفلكيون من أمثال براندون كارتر وفريمان دايسون Freeman Dyson

وتومى جولد **Tommy Gold**، وبيولوچيون مثل لويس ولبـرت **Lewis Wolpert** وسيدنى برينر **Sidney Brenner**، ورياضيون كجـون كونـواى **John Conway** وخبراء فى المسألة الجينيّة مثل مانفرد إيجن **Manfred Eigen** وجراهام كـارينز سميث **Graham Cairns-Smith**. وكانت قائمة موضوعات المؤتمر، وكأنها تسلط الضوء، مركزًا على «سر الحياة». وعبر العقد التالى تقريبًا، وجدت نفسى تحـت سيطرة أفكار هويل مرة أخرى وأيضًا دايسون وجولد، وبمعونة شـاندرا ويكرامـا سينغى **Shandra Wickrama singhe**، بشأن الفكرة الجسورة بأن الحياة ربمـا لا أصل لها على الأرض إطلاقًا، وإنما جاءت إليها من خلال المذنبات. ومن ناحيتـه راح دايسون يتأمل فى أصل الحياة، مطلقًا عنان خياله للبحث فى مستقبل والقـدر المطلق الذى ينتظر الحضارة التقنية. أما جولد فقد كانت لديه نظريـة تقـول بـأن كميات كبيرة من الهيدروكربون **hydro-carbon** (مركب عـضوى لا يحتـوى إلا على الهيدروجين والكربون فقط مثل البنزين والأسيتيلين: المترجم) تبقى محصورة تحت الأرض، وعندما تُجرى بحثًا لاختبار ما جاء به من حدوس، فثمـة أشـكال أخرى للحياة يجرى اكتشافها. وكل هذه التطويرات أطّرت تفكيرى عن الموضوع.

وكذا فثمة أثر لشخص آخر له اهتمامات تشبه اهتماماتى بالفلك العضوى هو المرحوم كيث رنكورن **Keith Runcorn**، والذى سبق أن زاملنى بجامعة نيوكاسل فى تاين **Tyne**. والذى كان جيوفيزيائيًا امتدت اهتماماته وراء الأرض إلى النظـام الشمسى. ومع أن الچيوفيزياء كانت بعيدة جدًا عن مجال خبرتى، فكثيرًا ما جلست فى محاضرات كيث ومؤتمراته. وفى الاجتماع الخمـسين لجماعـة «النيـازك أو الشهب» الذى عقد بنيوكاسل ١٩٨٧ والذى لا يمكن – وبصفة خاصة – أن أنـساه باعتبارها المرة الأولى التى أتعلم فيها شيئًا عن نيازك وشهب المريخ.

والقطعة الأخيرة من هذا «الزجزاج» أو الطريق المتعرج والمتشابك جاءت فى بواكير التسعينيات، عندما انتقلت إلى أستراليا للعمل لجامعة أديليـد **Adelaide**، وهناك أصبحت مهتمًا بما يجريـه دنكـان سـتيل **Duncan Steel**، الخبيـر فـى

اصطدامات الكويكبات والمذنبات مع الكواكب. وكان له الفضل بتعريفي حقيقة أن المادة يمكن أن تُقذف من الكواكب من خلال الاصطدامات الكونية، وهي الفكرة التي قادت إلى نظريتي عن سفر العضويات الميكروسكوبية **Microorganism** من المريخ إلى الأرض أو العكس.

وعندما تهيأت لوضع هذا الكتاب كنت مقتنعًا بأن العلم أصبح قريبًا من كشف غموض «أصل الحياة». والدليل الدراماتيكي بأن الميكروبات تعيش هناك في العمق تحت الأرض، والذى عرفته لأول مرة من جولد، هذا الدليل يَعِدُ بأن يكون وراء «الحلقة المفقودة» بين العالم قبل الحيوى الخاص بـ «الشوربة البيوكيميائية» وبين أول الخلايا البدائية. والحقيقة أن كثيرًا من العلماء في هذا المجال يعتقدون بثقة أن المشاكل الكبرى الخاصة بالنشوء الإحيائي قد تم حلها بالفعل، وثمة بعض الكتب التي نقلت لنا مؤخرًا الرسالة الواثقة بأن أصل الحياة ليس بالفعل بهذه الدرجة من الغموض بعد كل شيء(١٤). ومع ذلك أظن أنهم على خطأ. وبعد قضاء بعض السنوات باحثًا في هذا المجال أصبحت مع الرأي القائل بأن ثمة خليجًا عميقًا في بحر فهمنا. وللتأكيد، فإن لدينا فكرة جيدة عن «أين» و «متى» ولكننا لم نزل بعيدين جدًا عن «كيف» بدأت الحياة.

وهذا الخليج الذي أعنيه في فهمنا لا يتعلق بالجهل بتفاصيل تقنية معينة، ولكنه يمثل ثغرة أو فجوة في الفهم. ولست أقترح أن أصل الحياة عبارة عن واقعة طبيعية فائقة أو وراء الطبيعة، وإنما فقط أننا نفتقد شيئًا ما وأساسيًا جدًا في الأمر كله. وإذا كان الأمر كما يعتقد كثير من الخبراء والمتحدثين عن الأمر بأن الحياة مجبرة على النشوء بمجرد توافر المشارطات الصحيحة، فلا بد إذن أن أمرًا مدهشًا يقع في هذا الكون، شيء بارز وشديد الأهمية وله تشعبات وروافد فلسفية مهمة أيضًا. هذا وعقيدتي الشخصية عما يستحق هنا أن تكون هناك نظرية ترضينا جميعًا بصدد أصل الحياة والتي تحتاج أفكارًا جذرية جديدة، ربما نجدها في منطقة نظرية التعقيد ونظرية المعلومات، وكما اقترحت فربما تمتد إلى عمليات المعلومات الكمية بطريقة ما.

كثير من الباحثين يجدون حرجًا فى الإقرار العلنى بأن أصل الحياة يظل سرًا، وحتى خلف الأبواب المُغلقة، حيث يتمتعون بالحرية يجدون أنفسهم فى حالة من الحيرة والارتباك إزاء اعترافهم بذلك. ويبدو أن هناك سببين لهذا الحرج وتلك الحيرة. أولهما أن ذلك يفتح الباب للأصوليين الدينيين للقول بأن الله هو الخالق، الأمر الذى يفتقر إلى الأدلة بالمعنى العلمى وباعتبار أن ذلك يغلق الفجوة فى الفهم التى أشرت إليها. والثانى هو أن اعترافهم الصريح بالجهل سوف يُقوِّض اعتمادات التمويل، خاصة بالنسبة لبحوث الحياة فى الفضاء. ويبدو أن الحكومات مستعدة للإنفاق على البحث عن وجود حياة خارج الأرض، إذا كان العلماء معتقدين بأنها بالفعل موجودة هناك.

فى رأيى أن هذا السلوك ليس صحيحًا أو أنه يخلو من الرشاد. على العلماء أن يمضوا فيما هم فيه من أبحاث دون إعطاء أهمية للمبالغة فى الدعاوى المتعلقة بمجرد أن هناك هزالاً فى الدعم العام. والأهم من ذلك أن الجهل يمدنا بدوافع أفضل للتجربة أكثر مما يفعل التيقن من الأشياء. ومن المهم أن نسعى إلى وجود الحياة فى عوالم أخرى، ومحاولة توليفها أو اصطناعها فى المعامل، خاصة أننا لسنا متأكدين من كيف وُجدت. وإذا كنت مصحًا فى قولى، فإن هذا النشوء الإحيائى سوف يعطينا فكرة ولو ضئيلة عن أمر مدهش وهائل، لأن دراسة عوالم أخرى ربما تمكِّننا من الإمساك بالسر الملحوظ أثناء حدوثه. والعلماء مقتنعون بأن كواكب مثل زحل والزهرة وأقمار كل منهما تمثل معامل ضخمة للحالة قبل العضوية، حيث إن الخطوات التى أدت للحياة على الأرض قد تجمدت هناك مع الزمن، وكجزء يوازن بين مجال الكيمياء المعقدة من ناحية ومجال البيولوجيا من ناحية أخرى. وفى حالة المريخ فيبدو أكثر أن الخط بين اللا حياة والحياة قد تم عبوره، وأنه عند مرحلة ما فى الماضى ازدهرت الحياة فوق النجم الأحمر.

وحل لغز النشوء الإحيائى ليس مجرد مشكلة على قائمة ما يجب على العلماء عمله من مشروعات بحثية. ومثل أصل الكون وأصل الوعى، يقدمان لنا ما

هو أعمق لأنها اختبار لأساس وجهة نظرنا إزاء عالمنا. واكتشاف ما يعد بتغيير الأسس والمبادئ التى ينبنى عليها فهمنا للعالم الفيزيائي، تستحق أن نضعها بين الأولويات – فطالما حيّر سرُّ الحياة الفلاسفة والثيولوچيين والعلماء لأكثر من ٢٥٠٠ سنة، وفي العقد أو العقدين التاليين فلدينا فرصة ذهبية لأن نحقق تطورات كبرى في هذا الميدان.

وبأخذ مِقْوَدِي أو مفتاح العملية من فرانسيس كريك[١٥]. وإشاراته فيما يعنى أن النشوء الإحيائي «يكاد يكون معجزة» فقد أعطيت عنوانًا لهذا الكتاب عند نشره لأول مرة عام ١٩٩٨ «المعجزة الخامسة» "The Fifth Miracle"، أما الطبعة المنقحة التى بين أيديك، فقد أعطيتها عنوان: «أصل الحياة» لتعكس محتوى الكتاب على نحو واضح. ولقد بقي العمل من دون تغييرات حقيقية، ولو أنني بالطبع جعلته أكثر بصيرة بشكل ملحوظ. وكثير من الحدوس التي ناقشتها في ذلك الوقت وبدت أنها تتصدر الساحة قد دعمتها بأدلة جديدة يزداد الاقتناع بأنها قابلة للتصديق ولو ظاهريًا. وبشكل خاص فيما يتعلق بحالة تدعو للحيرة والقلق عن وجود مجال إحيائي تحت السطح، إمكانية وجود حياة في الماضى أو الحاضر فوق المريخ، ثم إنتقال النظام العضوى الحى بين الأرض والمريخ. لقد قمت بتحديث النص هنا وهناك، وأدخلت ملاحظات تدعم هذه التطويرات الجديدة.

وفى مرحلة الإعداد للكتاب ومراجعته فقد استفدت على نحو ملحوظ من المناقشات التفصيلية المطولة مع كثير من زملائى المميزين. بعضهم أشرت إليه بالفعل. وثمة شكر خاص لكل من: سوزان بارنز **Susan Barns** وروبرت حنا فورد **Robert Hanna ford** وجون باركيز **John Parkes** وستيفن روز **Steven Rose** ومايك رسل **Mike Russel** ودنكان ستيل **Duncan Steel** ومالكولم والتر **Malcolm Walter**، الذين تفضلوا وقرأوا وعلقوا على مخطوطة الكتاب الأصلية. وثمة آخرون قدموا لى يد المساعدة قبل وبعد الطبع الأول للكتاب وهم:

Emma Bakes, Diane Addie, Derek Abbott, Roger Buick, Julian Brown, Daivd Blair, George Coyne, Benton Clark, Julian Chela-Flores, Susan Davies, Robert Crotty, Helena Cronin, Thomas Gold, Everet Gibson, Reza Ghadiri, Gerry Joyce, Richard Hoover, Monica Grody, Bernd-Olaf Küppers, Stuart Kauffman, Jay Melosh, Chris Mckoy, Clifford Matthews, Pauline Newman, Stonley Miller, Curt Mileikowsky, Martin Rees, Martin Redfern,Stanley Miller, Mithael Paine, Lynn Rothschild, J. William Schopt, Robert Shapiro, Leslie Orgel, Everett Shock, J. William Schopf, Lynn Rothschild, Normansleep, Robert Shapiro, Jeoffrey Shallit, Roger Summons, Karl Stetter, Lee Smolin, Martin Vankranendonk, Ruediger Vaas, Philippa Uwins, Chandra Wickramsinghe, Frances Westall, David Zare, Kevin Zahnle, Ian Wrigh.

وفى النهاية أحب أن أوجه شكرى إلى معهد الأستروبيولوجى فـــى NASA ومديره باروخ بلومبرج **Baruch Blumberg** للتشجيع والدعم الذى قدمه لى، وكذا القائم على مركز أبحاث طيران الفضاء لكرم استضافته لى.

بول دافيز
المركز الأسترالى للفلك العضوى
جامعة ماكواير بسيدنى
سبتمبر ٢٠٠٢
http://aca.mq.edu.alpdavies.html

الهوامش

(١) حول أصل الأنواع 'On the Origin of Speices'

لـــ: تشارلز دارون" "Charles Darwin (John Murray, London 1859) ..

(٢) الحياة ذاتها: طبيعتها وأصلها 'Life Itself. Its Nautre and Origin'

لـــ: فرانسيس كريك 'Francis Krick'». (Simon & Schuster New York, 1981, p. 88).

(٣) الغبار الحيوى 'Vital Dust'

لــــ: كريــستيان دى دوف 'Christian de Duve'». (Basic Books, New York 1995).

(٤) الانتقال الطبيعى للميكروبـــات المتنقلـــة فـــى الفـــضاء Natural transfer of viable microbes in space لـــ: كيرت ميليكوسكى وآخـــر 'Curt Mileikowsky et al'». (Icarus 145, 391 (2000)).

(٥) الأحفورات الجاذبة من المريخ القديم: توقيع غير مصقول للطبيعة البيولوجيـــة فـــى الحجـــر النيزكى المريخى ALH 84001

"Magnetofassils from ancient Mars: a robust biosignature in The Maritian meteorite ALH84001

لـــ: كاثى ل. توملس –كيبترو وآخر. 'Kathie L. Thomas- Keptro et al.'

(Applied and Enviranmental Microbiology 68, 3663, (2002)).

(٦) اقتباس في «إنشاء أو تكون الحياة» The Creation of Life

لـ: أندرومسكوت 'Andrew Scott'. (Blockwell, Oxford 1986, p. 49).

(٧) معالجة فاينمان: مقدمة للحوسبة الكمية لـ: جيرارد ميلبـورن Gerard Milburn ' The Feynman Processor: An Introduction to Quantum Camputotion" (Allen & Unwin, Sydney 1998).

(٨) الفيزياء الرياضية والحياة Mathematical physics and life

لـ: أبورفا باتيل 'Apoorva Patel' في علوم الحوسبة والمعلومات: توجهات حديثة.

"Computing and Information Science: Recent Trends». (ed J. C. Misra, Narosa Publishing House, New Delhi, 2002, p. 270).

(٩) السحابة السوداء "The Black Cloud"

لـ: فريد هويل 'Fred Hoyle». (Penguin, Harmonds Worth 1960).

(١٠) احتمالية الوجود لوحدة تعيد إنتاج ذاتها " The probability of the Existence of a Self-reproducing unit" لـ: أيجين ويجنـر «Eugene Wigner» فـي منطـق المعرفة الشخصية 'The Logic of Persanal Knowledge' (نسخة من دون اسـم أو مجهلة) (ed. Routledge & Kegan Paul London 1961, p. 231).

(١١) ما هي الحياة «What is Life ?»

لـ: إيروين شرودنجر (Cambridge "Erwin Schrödirger" University Press, Cambridge 1944).

(١٢) ومع ذلك فقد نوقش عمل كارتر «Carter» بشكل واسع في مجال الأدب، انظـر علـى سـبيل المثـال: «مبـدأ الأنطروبيـا الكونيـة The Anthropic Cosmological Principle» لـ: جون بارو 'John Barrow' وفرانك تبلـر (Clarendon Press, "Frank Tipler" Oxford 1986).

(١٣) المبدأ الأنطروبى وبناء العالم الفيزيائى لـــ: ب. كار **B. Carr** وم. ج. ريس **M.J. Rees**

(Nature 278, 605 (1979).

(١٤) انظر على سبيل المثال: خطوات فى اتجاه الحياة **Steps Towards Life** لـــ: مانفريــد ايجن **Manfred Eigen**

(Trans. P. Waolley, Oxford University Press, Oxford 1992). والغبـــار الحيوى لـــ: كريستيان دى دوف **Christian de Duve** **(Basic Books New York** **(1995** مطابقاً للتعليق المتفائل الذى يقول به النشوء والذى يتحذر من الاقتباس التالى: لـــيس ثمة شك فى أننا سنكتشف، واحدا تلو الآخر، كل الخطوات فى المعمل... لنا الحـــق فـــى أن نكون متفائلين «فى الأصل والتطور وتوزيع الحياة فى الكون» **The origin, evolulion and distribution of life in the universe** فى النهايات الكونية ونهايـــات الإنـــسان «لـــ :سيريل بونامبيروما» **Cyril Ponnamperuma.**

(ed., Clifford Matthews and Roy Abraham Varghese), Open Court, Chicago 1955).

(١٥) مصطلح «الرب الذى يملأ الفجوات» **God of gaps** «استخدمه الثيولوجيون للإشارة إلى محاولات شرح «الفجوات» فى المفهوم العلمى للطبيعة من خلال تحركات مقدسة أو إلهية منتقاة.

الفصل الأول

معنى الحياة

تخيّل أنك قمت بالحجز لمقعد لك فى آلة زمن، للسفر بها فى الماضى وإلى الوراء أربعة بلايين من السنين. ما الذى سينتظرك هناك عندما تهبط من الآلة؟ لن توجد تلال خضراء ولا شواطئ رملية. لا جروف بيضاء ولا غابات كثيفة. الكوكب الشاب سوف يكون فيه قليل من الشبه مع ما نراه اليوم. وبالطبع ستبدو تسمية «الأرض» ذاتها كنوع من انتقاد صحة التسمية وبشكل جاد. ستكون تسمية مناسبة لو قلت «المحيط»، لأن العالم كله تقريبًا سيكون مغمورًا تحت طبقة عميقة من المياه الحارة. وليس ثمة تقسيم إلى قارات محددة تفرق بين بحر قاسى الطبع وآخر. وستجد هنا وهناك براكين جبارة – جميعها تنتشر على سطح المياه الساخنة تلك، نافثة سحبًا قوية وهائلة وكثيفة من الغازات الضارة. والجو فى عمومه ساحق ماحق وغير قابل للاستنشاق أو التنفس فيه. والسماء، لدى خلوها من السحب، ستكون مضاءة بنور شمس مميتة كرد الفعل الذرى، ومُغرقة للكوكب بأشعة فوق البنفسجية. وفى المساء تضىء السماء بشهب ونيازك براقة رائحة غادية عبرها. وبين حين وآخر تخترق هذه الشهب الجو الأرضى، غاطسة فى هذا المحيط، مثيرة عواصف عملاقة وأمواجًا عالية أشبه بأمواج «تسونامى» بارتفاع عدة كيلو مترات، وتتناثر أجزاؤها حول العالم من أثر الاصطدام.

وقاع المحيط العالمى ذاك لن يكون صخريًا كما نعلم أو نرى فى محيطاتنا الحالية. ثمة مجموعة من جهنمات متناثرة هناك تحت فى القاع، متقدة بنيران بدائية. وفى بعض الأماكن تتمزق (تتفتق) القشرة الأرضية عن صدوع واسعة تنبعث منها ألسنة اللهب ومصهورات البراكين لتقتحم المحيط. ولا يمنع مياه البحر

من الغليان سوى الضغط الهائل للطبقة الفوقية المغمورة فى متاهة فوهات ومنافذ البراكين، المنشئة لوضع معقد من الاضطراب الكيماوى الذى يصل بدوره إلى عمق القشرة المنتفخة. وفى مكان ما من هذه الأعماق المتقدة، وفى التجاويف المظلمة لقاع البحر، يحدث ما هو غير عادي، شيء مقدر له أن يعيد تشكيل الكوكب وربما الكون بأسره .. لقد ولدت الحياة.

ومما لا شك فيه أن الوصف السابق هو نوع من التفكير التأملي فى كيف كانت الصورة آنذاك. ولكن يبقى أنه يعنى واحدًا من السيناريوهات الممكنة التى أعطاها لنا العلماء عن أصل الحياة، وإنْ كان الشاهد أنه أقربها للتصديق، وهو ما يتزايد التصديق به يومًا بعد يوم. ومنذ عشرين عامًا فقط، كان اقتراح أن الحياة بدأت فى أعماق تلك البراكين المتقدة، نوعًا من الهرطقة، خاصة أن ذلك يعنى أنها بدأت بعيدًا عن الهواء وضوء الشمس. إلا أن الأدلة قد أبرزت أن أسلافنا القدامى لم يزحفوا أو دبوا عبر الوحل والمياه الضحلة بقدر ما نشأوا عبر الحرارة الجهنمية تحت الأرض. بل ربما كان من يقطنون السطح، عبارة عن نوع من الزيغ أو الانحراف أو الشذوذ المتعلق بالظروف الخاصة بالأرض وقتئذ. وإذا كانت ثمة حياة فى مكان آخر من الكون فسوف تكون بالكاد تحت الأرض بالكامل وسيندر أن تمارس تشكلها على سطح أيٍ من الكواكب.

وعلى الرغم من أن ثمة موافقة مناسبة على أن التشكلات البيولوجية المبكرة كانت عبارة عن ميكروبات تحيا فى الأعماق، فإن الآراء تبقى منقسمة فيما بين، عما إذا كانت الحياة بدأت من أعماق قشرة الأرض، أم أنها مجرد تواجدت هناك بشكل مبكر. لأنه برغم التقدم الهائل على مدى العقود الأخيرة فى مجال البيولوجيا الجزيئية والبيولوجيا الكيماوية، يستمر العلماء غير عارفين تأكيدًا كيف بدأت الحياة. ولو أن ثمة خطوطًا عريضة لنظرية أصبحت متاحة، فنحن على مبعدة مما تحسبه تقدمًا تدريجيًا عن معرفة العمليات التى أحالت المادة إلى حياة. وحتى الموقع بالضبط الذى كانت فيه «حضانات» هذه العمليات، يمثل لغزًا يثير الغيظ.

فلربما لم يكن أصل الحياة واقعًا على الأرض من أساسه، وربما جاءت الحياة إلــى الأرض من الفضاء الخارجي.

والتحدى الذى يواجه نضال العلماء لشرح أو تفسير أصل الحياة، يتمثل فــى الحاجة إلى وضع قطع بجوار بعضها البعض من الوقائع والأحداث التى حدثت منذ بلايين السنين، والتى لم تخلف وراءها إلا القليل مــن الآثــار، أو نَفَــذَت الآثــار بصددها كليةً. لعله هدف مروع أو مثبط للهمة. و على سبيل الحظ فقــد تــم فــى السنوات القليلة الماضية، وضع صورة لطبيعة الكائنات البدائية التى وُجدت علــى الأرض، وأُستحدثت مجموعات جديدة من التجارب المعملية أدت إلى فهم الصورة الباكرة فى النظام الشمسى. هذا وتعتبر إعادة إحياء فكرة إمكانية الحياة على المريخ سببًا فى توسيع الأفكار عن الشروط الضرورية للحياة. كل هذه التطورات مجتمعة، رفعت من مستوى البحث من مجرد بحوث تُجرى فى الخلفية إلى بحــوث تُمثــل المجرى الرئيسى لمشروعات البحث.

ومشكلة كيف ومتى بدأت الحياة، تمثل واحدة من أكبر الغوامض المدهــشة فى العلم. والأكثر من ذلك أن قصة أصل الحياة تمتد تــشعباتها وروافــدها إلــى الفلسفة، وإلى الدين وإلى الإجابة عن مثل هذه الأسئلة الشّماء، مثل عمــا إذا كنــا الكائنات الواعية الوحيدة فى الكون، وعما إذا كانت الحياة قد جاءت نتيجة حادثــة عشوائية أو قانون عميق الجذور، أو ربما ثمة نوع من المعنى المطلق لوجودنــا، يعتمد على ما يمكن أن تحسمه كشوف العلم حول تشكل الحياة.

وفى مثل هذا الموضوع المشحون بقوة بمثل هذه المعانى، يصبح من غيــر المدهش أن نفتقد حس الإجماع فى الأمر. فبعض العلماء ينظرون إلى الحياة كنزوة كيماوية غريبة وفريدة فى الكون. بينما يصرّ بعض آخر على أنها النتاج المتوقــع للقوانين الطبيعية الرائعة والفاتنة. وإذا كان هذا الصرح العظيم للحياة هــو نتيجــة العشوائية والانعطافات الحادة والمحصنة لأحداث القدر، وكما ادعــى البيولــوجى الفرنسى جاك مونو **Jacques Monod**، فإن علينا أن نجد سببًا عامًا بالتأكيد لإلحاده الواضح، مُعبّرًا عنه جيدًا فى هذه الكلمات[1]:

«الغطاء القديم ممزق إلى قطع: عرف الإنسان أخيرًا أنه وحيد في الاتساع الهائل غير المحسوس للكون، والذي برز عبره بالمصادفة. ولا قَدَر له أو واجب عليه سبق أن تقرر أو كُتب بشأنه».

ولكن إذا كان مرشحًا أن الحياة ظهرت بدرجة – أكثر أو أقل – كجزء من عمق قانونية الكون، وإذا ما كانت مكتوبة خلال الدراما الكونية العظمى بطريقة أساسية – فإنها إذن تمثل إشارات إلى كون له هدف. وعلى الجملة فإن أصل الحياة هو المفتاح لمعنى الحياة.

وفي الفصول القادمة سوف أختبر بعناية آخر دليل علمي كمحاولة لمواجهة هذه المشروعات الفلسفية المثيرة للجدل. كيف كان الكون متعاطفًا بيولوجيًا؟ هل الحياة ظاهرة تتفرد بها الأرض؟ كيف أن أشياء معقدة، مثل حتى أبسط التكوينات العضوية يُمكن أن تنتج عن عمليات فيزيائية مباشرة؟

الأصل الغامض للحياة:

«يبدو أن أصل الحياة... تقريبًا معجزة، فكم هي الشروط العديدة التي كان متوجبًا تحققها لكي تمضي الحياة في طريقها»[٢]. هكذا يقول فرانسيس كريك **Francis Crick**. وطبقًا لسكان أستراليا الأصليين في كمبرلي **Kimberely** عن وقت إنشاء أو خلق اللالاى **Lalai**[*] فإن المسيطر على المجرة وصانع الأرض، سمح للمياه الطازجة بأنْ تسقط على ثعبان الأرض العملاق «وانجود» **Wunggud**. والذي كان جسده مصنوعًا كعنصر ملفوف داخل كرة مملوءة بما يشبه مادة «الجيلي» والمسماة نجالالا ياوون **nagallall ywon** وبتلقيه هذه المياه المنعشة، تحرك زانجود، محدثًا انخفاضًا أو ضعفًا كمرآب يجمع فيه الأرض. حينئذ صنع

(*) من المرجح أنه اسم الله لدى السكان الأصليين في أستراليا. (المترجم).

المطر، وأنشأ العمليات الإيقاعية المتناغمة للحياة: الفصول، دورات الإنتاجية، دورات الطمث (الحيض) وشكلت قواها الإبداعية الإطار العام للمشهد ومنحت القوة لكل المخلوقات النامية والتي بقى محتفظًا هو بالهيمنة عليها[٣].

وكل الثقافات لديها أساطيرها عن عملية الخلق وبعضها نابض بالحيوية عن بعضها الآخر. وقد نظرت، أو وجهت الحضارة الغربية لعدة قرون، نظرها إلى الكتاب المقدس للحصول منه على الاستنارة فى هذا الموضوع. وللأسف فإن الكتاب المقدس يصبح أقل رقة وبطريقة مثيرة للإحباط بجوار القصة الأسترالية: خلق الله الحياة بصورتها الحالية تقريبًا وبطريقة مباشرة، كما المعجزة الخامسة.

وليس بعيدًا من كيمبرلى، وعبر الصحراء الرملية الكبرى وعبر جبال بلبارا **Pilbara**، وجدت أقدم أحفورة معروفة على الأرض. هذه البقايا المدهشة شكلت جزءًا من تقديرات العلم عن «الخلق». وكنقطة بداية فقد اعتبر العلم أن الحياة ليست من صنع الله الخالق ولا أى كائن فوق طبيعى، وإنما حدثت الحياة من دون مساعدة من أحد، وإنما كعملية طبيعية صدفوية أو عضوية.

وعبر القرنين الأخيرين فقد عانى العلماء من تجميع وتثبيت القطع المتناثرة من تاريخ الحياة. وأظهرت تقارير الأحافير بوضوح أن الحياة القديمة تختلف بشدة عن الحياة الموجودة بالفعل. وبطريقة مباشرة فإنك كلما ابتعدت إلى الوراء زمنيًا، وجدت الحياة أبسط وأبسط بالنسبة للكائنات قاطنة الأرض. والتكاثر المثمر والمعقد من أشكال الحياة لم يقع إلا فى البليون سنة الأخيرة. هذا وأقدم أحفورة حيوانية حقيقية موثقة وجدت أيضًا فى أستراليا (فى جبال الفلندرز **Flinders Mountains** شمال أدليد **Adelaide**) ويرجع تاريخها إلى ٥٦٠ مليون سنة، وبعد هذا العصر بوقت قصير، منذ حوالى ٥٤٥ مليون سنة مضت، بدأ انفجار حقيقى للأنواع، وبلغت أَوْجُهًا فى استعمار الأرض بواسطة نباتات وحيوانات عملاقة، كما تشكلت الحياة وقتئذ فى نظم عضوية وحيدة الخلية.

هذا السجل من التعقيد والتنوع مشروح جيدًا فى نظرية دارون عن التطور، والتى رسمت صورة للأنواع المستمرة فى التفرع وإعادة التفرع، لتشكل المزيد والمزيد من الامتدادات والأنسال، وعلى سبيل الحديث فإن هذه الأنسال أو الذرية تتقارب وتدور حول أصل واحد. والدليل القوى الذى يؤكد أن الحياة على الأرض تتحدد عبر هذا التفرع من سلف أو أصل واحد يتحصل فى أن كل امرئ وكل حيوان وكل نبات وكل باكتيريا غير مرئية، يمكن تعقب أصلها فى الميكروب الصغير جدًا الذى عاش منذ بلايين السنين، حيث كان هو أول الأحياء[٤]. أما ما يبقى محتاجًا للتفسير، ويشكل الجزء المركزى فى متاهة الحقيقة العلمية عن الحياة، هى كيف أصبح الميكروب الأول موجودًا، أو بمعنى آخر كيف جاء للوجود؟

والذى يبدو للعيان أن التعمق الزائد فى المسألة من شأنه زيادة عمق السر. إن الخلية الحية هى أكثر النظم فى حجمها تعقيدًا لدى البشرية. إنها تحتضن جزيئات متخصصة، لا يمكن العثور عليها هنا أو هناك، وإنما فقط فى المواد الحية، وهى نفسها غاية فى التعقيد. إنها تنفذ ما يشبه الرقصة المختارة بعناية والدقيقة لأبعد حد، والإخلاص الكامل، والانضباط الأقصى، وهى صفات تخطف الأنفاس وتتعاون معًا فى أوركسترا متناغم، وبشكل أوسع وأكبر كثيرًا من أعقد «الباليهات»، ورقصة الحياة تلك، تشمل ما لا يمكن إحصاؤه من الجزيئات المتعاونة معًا بشكل كامل. ولو أن هذه الرقصة لا إشارة فيها لأى مسئول عن وضع الألحان. لا مشرف عبقريًا ولا قوة سحرية، ولا إدارة واعية تؤرجح الجزيئات، لتختار منها الصالح وفى الوقت المناسب، وتغلق الفجوات، ولا تزاوج بين الشركاء، ولكن تدفعهم للأمام. رقصة الحياة تمضى بشكل تلقائى وعضوى، خالقة ذاتها ومستمرة بذاتها.

كيف يمكن لشىء أن يبلغ هذه الدرجة القصوى من التعقيد؟ وهذه البراعة والدقة البالغة، وهذه المهارة الفائتة شديدة الحساسية، وكل هذا يأتى للوجود بذاته؟ وكيف للجزيئات – غير العاقلة – أن تصبح قابلة فقط للدفع والجذب مع جيرانها المباشرين، ليتعاونوا فى الإبقاء على شىء فى عبقرية حياة النظم العضوية الحية؟

وحل هذه الأحجية يتطلب الخوض فى عدة أنظمة، تأتى على رأسها البيولوچيا، ولكن أيضًا مجالات الكيمياء، والچيولوچيا، والفلك، والرياضيات وعلوم الكمبيوتر (الحوسبة الإليكترونية)، والفيزياء، كل منها له مساهماته فى الأمر على نحو أو آخر. وحتى فى التاريخ. قلة من العلماء تعتقد أن الحياة بدأت بقفزة حدثت فى لحظة تاريخية فريدة. فلا وجود لعملية فيزيائية قادرة على التنفس الحيوى داخل المادة بطريقة مفاجئة. ولا بد أنه كانت هناك مرحلة انتقالية معقدة وطويلة بين الجماد والأشياء الحية، عندما وجدت لأول مرة، أحداث ممتدة ومتعاقبة زمنيًا، لا يبدو أنها كانت مقدرة لعدد لا يحصى من التفاصيل. وقانون الطبيعة لا يكفى وحده لشرح أو تفسير كيف بدأت الحياة، لأنه ليس ثمة قانون مفهوم أو يمكن إدراكه قد يجبر حشدًا من الذرات على أن تتبع منهجًا موصوفًا مُحدَّدًا مسبقًا، بينما تطيع أو تستجيب لقوانين الطبيعة، لا بد أن الطريق الفعلى الذى اتخذته الحياة كان صدفويًا وخاضعًا للظروف أكثر من مجرد انصياعه لقوانين الطبيعة، أى أنه نتيجة للمصادفة غير المتوقعة، كما يطلق عليها أهل الفلسفة. وبسبب هذا وبسبب جهلنا بالشروط التى سادت فى الماضى البعيد، فلن نعرف أبدًا بالضبط ما الحادث الذى أنتج الحياة فى شكلها الأول.

ومع ذلك فإن غموض الإحياء العضوى يذهب إلى مستوى أكثر عمقًا من مجرد الجهل بالتفاصيل. لأنه ثمة مشكلة عويصة تتعلق بطبيعة الحياة. وهناك على مكتبى «أباجورة» من تلك التى كانت شائعة فى ستينيات القرن الماضى، محتوية على سائلين مختلفى اللون ولا يختلطان، نقاط سائل منهما تنتشر ببطء عبر السائل الآخر. وفى العادة فالناس تعبر عن مسلك هذه النقاط على أنه شبيه بمسلك الحياة. والحاصل أن هذه الأباجورة ليست وحدها فى هذه الشأن، وإنما عديد من النظم غير الحية لها خصائص تشبه الخصائص الحية، شتلات اللهب الخفاقة أو المترجرجة، كتل الثلج المتساقطة، نماذج من السحب، دوامات التيارات المعاكسة فى نهر ما. ما الذى يميز إذن النظام العضوى الحى حقيقة، عن النظم التى مجرد

تشبهها فى السلوك ولكنها غير حية؟ ليس الأمر ببساطة مجرد اخـتلاف الدرجـة؟ إنما هناك اختلاف حقيقي بين طبيعة الشيء الحي بالفعل والشيء الذى فقط مجـرد شبيه به ولكن من دون حياة فعلية. إذا ما رقدت فرخة فوق بيضة، فسيكون رهانًـا عادلاً أن الصغير النابت ريشه توًا فى مخبئه سيصبح هو أيضًا فرخة. ولكن حاول أن تتنبأ بشكل قطعة الجليد المتساقطة القادمة كيف سيكون بالضبط. الفرق الحاسـم هنا أن الفرخ الجديد قد تم صنعه طبقًا لتعليمات جينية محددة. بينمـا نقـاط سـائل الأباجورة، وقطع الثلج المتساقط، ودوامات النهر، جميعها سوف تَتشكَّل شاءت هى أو أبت، أى على نحو يعوزه التقرير المسبق. فليس ثمة جينات فى قطـع الجليـد. والتعليمات المكوِّنه للتعقيد البيولوجى تكون معقدة بدورها، وباستخدام اللغة الحديثة فى هذا الشأن، فإن التعقيد مبنى على قاعدة معلومات معقدة. وعبر الفصل التـالى سوف أناقش أنه لا يكفى أن نعرف كيف ظهرت تلك التعليمات المعقدة، بل يجـب أن يمتد اهتمامنا إلى أصل المعلومات البيولوجية. وكما سنرى فإن العلماء مـازالوا بعيدين جدًا عن حل هذه المتاهة – المفهومية الأساسية. وبعض الناس يبتهج لهـذا النوع من نقص المعلومات، باعتبار أن ذلك يفتح الباب لخلق إعجازى. ومع ذلـك فإن وظيفة العلم أن يحل الألغاز دون اللجوء إلى مـصدر مقـدس يهـيمن علـى الأشياء. ولكن العلماء لا يزالون غير متيقنين من كيف بدأت الحياة.

لا يعنى هذا أن الحياة ليس لها أصل طبيعى. كيف للمـرء أن يـذهب فـى طريق حشد، أو تركيب تقديرات علمية حول المسألة الإحيائية أو نـشوء الحيـاة؟ يبدو هذا الهدف وكأنه لا أمل فيه لأول وهلة. لأن الوسائل التقليديـة فـى الـسعى وراء الأحافير الصخرية تقدم لنا قليلاً من المفاتيح. معظم الجزيئات «قبل الحيـاة»، والتى مهدت لظهور الحياة، سبق أن تم استئصالها أو اجتثاثها منـذ مـدة طويلـة. وأحسن ما يمكن أن نأمل فيه هو بقايا تدرج كيميائى من النظم العضوية الـسابقة، والتى منها برز النسيج الخلوى الحى المألوف لنا.

وإذا كنا سنعتمد فقط على الأحافير الصخرية، فإن هدف فهم أصل الحياة والتطورات المبكرة للحياة سيكون هدفًا هائلاً ومرعبًا بالطبع. ومن حسن الطالع أن ثمة خطًا آخر من الأدلة، يساعد الخط السابق. إنه يمتد بدوره إلى الماضي المظلم البعيد، ولكنه يوجد هنا والآن، داخل بعض أشكال الحياة التي لا تزال باقية. يقتنع البيولوجيون بأن بقايا أو تذكارات باقية من النظم العضوية الحية القديمة، تعيش في العمليات البيوكيماوية لأخلافهم، ومن بينهم الإنسان. وبدراسة كيف تعمل الخلية الحديثة يمكننا أن نلقى نظرة خاطفة على بقايا حياة السلف وهى تعمل – جزىء فريد أو مميز هنا، رد فعل كيميائي ناقص على نحو ما هناك – هى ذات الطريقة الخارجة على المكان، أجزاء صدئة من الأرض أو واهنة، ركام مشكوك فيه، أى تغيرات في الأركيولوجيا (علم طبقات الأرض). وهكذا نجد واسطة بين تعقيدات العمليات التى تجرى فى الحياة العضوية الحديثة وآثار نضال الحياة البدائية، وتشكل معبرًا بيننا وبين ماضينا البعيد. وبتحليل هذه الآثار الغامضة، وجد العلماء خط البداية لإعادة بناء وتشكيل الطرق الفيزيائية والكيميائية التى قد تكون أدت لوجود أول خلية حية.

وحتى مع هذه المفاتيح البيوكيماوية، تظل إعادة الإنشاء ذاك معتمدة بشكل كبير على التخمين لولا الاكتشافات التى حدثت أخيرًا لما يمكن أن تطلق عليه «أحفوريات حية» معينة، وهى تلك الميكروبات التى تقطن أماكن شاذة وبيئات غاية فى التطرف، وأعنى بها الحشرات العملاقة **Superbugs** والتى تسمى عادة إكستريموفيلز **extremophiles** والتى أُخضعت للفحص الكثيف، والتى أحدثت نوعًا من التنوير في الميكروبولوجي. وهى ربما تكون بحالتها هذه هو ما نلقى عليه نظرتنا الخاطفة كميكروبات شاذة وغريبة، بينما هى قريبة كل القرب للحالة العضوية البدائية التى «باضت» لنا الحياة على الأرض. هذا وربما يأتينا مزيد من المفاتيح عبر البحث عن الحياة على المريخ والكواكب الأخرى، ودراسة المذنبات والشهب النيزكية. وبوضع كل خيوط الأدلة كقطع متجاورة، فلربما تسمح لنا بإمكانية استنتاج أو استقراء، فى خطوط عريضة على الأقل، ما هى الطريق التى ظهرت عبرها الحياة فى الكون أول ما فعلت.

من المهم قبل أن نمسك بتلابيب المشكلة أن تكون لدينا فكرة واضحة عما هى الحياة؟ منذ خمسين عامًا مضت كان العلماء مقتنعين بأن لغز الحياة قد أصبح قاب قوسين أو أدنى. وميز البيولوجيون أو تعرفوا على أن المفتاح يكمن فى مكونات الجزىء داخل الخلية. وكان الفيزيائيون فى ذلك الوقت، قد فسروا تمامًا تشكيل المادة على المستوى الذرى، وبدا أنهم قريبًا ما سيجدون سر الحياة أيضًا.

وتم وضع الأجندة (الأفكار مرتبة حسب آلياتها أو أولوياتها) بنشر كتاب إيروين شرودنجر "Erwin Schrödinger" «مـا هى الحيـاة؟» What is Life?، وبدا فى ذلك الوقت، أن الحياة ليست أكثر من آلة متجمعة من أجزاء ميكروسكوبية يمكن دراستها باستخدام التقنية الخاصة بالفيزياء التجريبية. وثمة أبحاث تتصف بالحذر وبالاحترام استسلمت لهذه الوجهة من النظر. لقد تعرضت الخلية لرواية كثير من الأكاذيب عنها كآلة صغيرة جدًا أو منمنمة الطابع. ومع ذلك فإن صورة الخلية اليوم كأنها ليست سوى آلة معقدة جدًا تعتبر نظرة ساذجة. ولكى تكون متأكدًا، فإن البيولوجيا الجزيئية قد حققت نجاحات باهرة، إلا أن العلماء لا يزالون غير واثقين تمامًا، فالذى يمكن أن يضعوا أصابعهم عليه ذلك الذى يفرق بين نظام عضوى حى وبين النماذج الأخرى من الأشياء الفيزيائية. والتعامل مع النظام العضوى كآلية قد حقق وبرهن بلا شك على ثمار عديدة، ولكن من المهم ألا نلتصق بسحر هذا النجاح. التفسير الميكانيزمى أو الآلى هو جزء مهم لفهم الحياة، ولكنه لا يمثل القصة كلها.

ودعنى أعرض عليك مثالاً حاسمًا على أين تقع المشكلة؟ تخيل أنك تقذف فى الهواء بطائرين، أحدهما حى والآخر ميت، فإن هذا الأخير سوف يسقط على الأرض، محدثًا صوتًا مكتومًا وعلى بعد عدة أمتار قليلة ممكن حسابها. أما الطائر

الحى فسوف ينتهى به الأمر باستعدال «عامود الإدارة» خاصته مستمرًا إلى أعلى مستقرًا على أى هوائى تليفزيون فوق أى بيت فى البلدة، أو على فرع من فـروع إحدى الأشجار، أو على سطح سياج شجرى لأحد المنازل، أو فى عـش. وهكـذا يبدو من الصعب أن تخمن مسبقًا إلى أين سينتهى به الأمر بالضبط.

وأنا كفيزيائى اعتدت على التفكير فى الأشياء أو المواد علـى أنهـا قابلـة للتأثير على غيرها فى نفس الوقت الذى تقبل التأثير فيها من غيرها، ولن الاستجابة فى المجالين تكون عندما يتم إجبارها من قبل قوة خارجية - مثلما فى حالة الطائر الميت عندما انهمد على الأرض بتأثير شد مـن جانـب قـوى الجاذبيـة. ولكـن المخلوقات الحية لديها «حياة» بالمعنى الحرفى، خاصة بها هى. كما كانت تـشتمل فى داخلها على شرارة أو ومضة تمنحها الاستقلالية أو السيطرة الذاتية، حتى إنهـا تستطيع (ومن دون حدود) فعل أىّ مما يرضيها. حتى الباكتيريا فهى تقوم بما هـو متطلب فيها ومنها وبطريقة صارمة. هل تكون هذه الحرية الداخلية، هذه التلقائيـة تعنى أن الحياة تتحدى قوانين الفيزياء أو أن الحياة العضوية تعتبر هـذه القـوانين مجرد عدة أو جهاز روتينى تستخدم قوانينه فى تحقيق ما تبتغيه؟ إذا كـان الأمـر كذلك، فكيف؟ وإلى أين تكون نهايات هذه الرغبات، بل من أين تـأتى مـن عـالم محكوم ظاهريًا بقوى عمياء لا هدف لها؟

هذه الخاصية المتعلقة بالاستقلال الذاتى، أو الحكم الذاتى يبدو أنهـا تلمـس أكثر العناصر غموضًا والتى تُفرّق بين الأشياء الحية والأشياء غير الحية، ولكنـه من الصعب معرفة من أين تأتى. ما الخواص الفيزيائية للنظام العضوى الحى التى تمنحه هذه الاستقلالية؟ لا أحد يدرى.

الاستقلالية والحكم الذاتى يعتبران سمة مهمة للحياة، ولكـن هنـاك سـمات عديدة أخرى من بينها ما يلى:

إعادة النسخ Reproduction: النظام العضوى الحى لا بد أن يكون قابلاً لإعادة النسخ. وبالرغم من أن بعض الأشياء غير الحيّة مثل البللورات يمكنها أن تُعيد النسخ، بينما الفيروسات التى يعتبرها كثير من الناس أنها من الأحياء، فهى غير قادرة على التكاثر وحدها. البغال بالتأكيد هى من بين الأحياء ومع ذلك فهى عقيمة ولا يمكنها إعادة النسخ. والإثمار الناجح هو أكثر من مجرد نسخة طبق الأصل من الأصل وإنما لا بد أن يحتوى بدورها على نسخة من جهاز النسخ أيضًا. ولكى ينتشر التوالد وينتقل إلى الذرية فى جيل تالٍ فلا بد من إعادة نسخ وسائل إعادة النسخ فى نفس وقت إعادة نسخ الجينات ذاتها.

الأيض (الهضم) Metabolism(*): لكى تصبح حيًا على وجه صحيح فإن على النظام العضوى أن يفعل شيئًا. كل عملية كيماوية للنظام العضوى تنتقل عبر ردود فعل وتتابع معقّد. وكنتيجة لذلك تقوم بتكديس الطاقة، لتجعلها قابلة للقيام بأهدافها مثل الحركة وإعادة النسخ. هذه العمليات الكيمائية وتحرير الطاقة تسمى «الهضم أو الأيض»، ومع أن ذلك لا يمكن معادلته بالحياة. لأن بعض النظم العضوية الصغيرة (الميكرو) يمكنها أن تصبح معلقة أو ساكنة لمدة طويلة مع توقيف كل وظائفها الحيوية. وسوف نعترض على اعتبارها من الموتى إذا كان ممكنًا أن تعود إليها الحياة.

الاغتذاء Nutrition: وهذا قريب بدوره من الأيض. فإذا أنت احتبست نظامًا عضويًا حيًا داخل صندوق مانع لتسرب الغاز أو أى شىء آخر، فخلال قدر معين من الوقت ستجد وظائف هذا النظام قد خفتت وفى النهاية سيموت. إذن من الحاسم للحياة أن يكون ثمة إمداد دائم بالأشياء والطاقة. وعلى سبيل المثال فإن الحيوانات تأكل، والنباتات تخضع لنظام التركيب أو التمثيل الضوئى **Photosynthesize**. ولكن تدفق المادة والطاقة وحدهما لا يكفى للإمساك بعملية

(*) الأيض باختصار هو العمليات الكيميائية فى الخلايا الحيّة التى تؤمن بها الطاقة الضرورية للعمليات الحيّة، والتى بها تُعوّض الطاقة المفقودة (المترجم).

الحياة. البقعة الحمراء الكبيرة لكوكب الزهرة عبارة عن دوامة من السوائل تبقى في دورانها بسبب تدفق المواد والطاقة. ولا أحد يقترح أنها حية. بالإضافة إلى أن الحياة لا تحتاج فقط للطاقة، إنما إلى شيء ما مفيد، أو طاقة حرة (مزيد من المعلومات عن ذلك ستجرى مناقشته فيما بعد).

التعقيد Complexity: كل النماذج المعروفة للحياة هي معقدة بشكل مدهش. حتى النظم العضوية وحيدة الخلية مثل الباكتيريا فهي تشتمل على أنشطة مزدحمة تتكون من ملايين المكونات. وجزئيًا فإن هذا التعقيد هو الذي يضمن عدم قابلية العضو للتنبؤ بخياراته. ومن الناحية الأخرى فإن الإعصار والمجرة هما معقدان بدورهما، والإعصار معروف بعدم إمكانية التنبؤ بسلوكه. والكثير من النظم الفيزيائية غير الحية هي من التعقيد بحيث يصعب التنبؤ بسلوكها، بل وحتى يمكن أن تكون فوضوية الطابع **random**.

التنظيم Organization: ربما ليس التعقيد في ذاته هو الذي له معنى في الأمر. ولكن التعقيد المنظم. ومكونات أى نظام عضوى لا بد أن تتعاون مع بعضها البعض وإلا ستداعى وظائف النظام ككيان متماسك. وعلى سبيل المثال فإن مجموعة من الشرايين والأوردة لا تكون نافعة وحدها من دون قلب يضخ فيها الدم. وزوج من السيقان لن يعرف تقدمًا في الحركة لو أن كل ساق منهما تتحرك وحدها وفي اتجاه مغاير للأخرى. وحتى داخل الخلايا المستقلة فإن درجة التعاون مدهشة. فالجزيئات لا تجرى في حياتها هكذا بشكل صدفوى، ولكنها تُبدى نوعًا من أشكال المصانع أو خطوط الإنتاج داخل مصنع مع مستوى عال من التخصص: قسم للعمالة، وقسم يدير هذه العمالة لكي تتم عملية الإنشاء على وجه صحيح.

النمو والتطور Growth and development: النظم العضوية الحية المستقلة تنمو، والنظم المحاكية لها تميل إلى الانتشار (إذا كانت المشارطات صحيحة). ولكن كثيرًا من الأشياء غير الحية تنمو بدورها (البللورات، والصدأ، والسحب). هي سمة بارعة ورقيقة ولكنها تعطي معنى كخاصية للأشياء الحية،

وتُعامل على أنها مستوى للتطور. إن القصة المشهورة عن الحياة على الأرض هى واحدة من التكيف التدريجى الثورى، كنتيجة للتنوع والجدّة. التنوع هو المفتاح. إنها إعادة النسخ متضمنة التنوع هى وحدها التى تقود إلى التطور الداروينى. وربما نعتبر أننا نقلب المسألة رأسًا على عقب بأن نقول: إذا ظهرت بالطريقة التى وضعها دارون، فهى ستعيش.

احتواء المعلومات Information content: فى السنوات الأخيرة ركز العلماء على المشابهة بين النظم العضوية الحية والكمبيوترات. إنّها مسألة حاسمة أن المعلومات ستكون محل احتياج فى إعادة نسخ نظام عضوى معتمدة على الجينات المنقولة من الآباء لكى يحققوا الإثمار أو نماء الذرية. وهكذا فإن الحياة هى تقنية معلوماتية مكتوبة بخط صغير. ولكن مرة أخرى فإن المعلومات على هذا النحو لن تكون كافية. ثمة معلومات اعتراضية تعنيها الأوراق الساقطة فى الغابة، ولكن هذا لا يعنى شيئًا. لكى تكون المعلومات قيِّمة فى مجال وصف الحياة لا بد أن تكون معلومات لها معنى للنظام الذى يستقبلها: لا بد أن ثمة «كتابًا» معينًا. وبكلمات أخرى فلا بد أن تكون المعلومات متخصصة. ولكن من أين جاء هذا الكتاب؟ وكيف لهذا التخصص النافع أن ظهر عفويًا فى الطبيعة؟

تشابك النظم المنظورة وغير المنظورة Hardware / Software entanglement: كما سنرى فإن كل أنواع الحياة التى وُجدت على الأرض جاءت أرومتها أو نسبتها السلالية من صفقة مغلقة بين نوعين مختلفين فى المستوى من الجزيئات: الأنوية الحمضية والبروتينات. وكل منهما يجير الآخر ليس على مستوى الخواص الكيميائية فقط، وإنما يذهب العقد بينهما إلى ما هو أبعد من ذلك، إلى قلب ما تعنيه الحياة، أو ما نعنيه بالحياة. الأنوية الحمضية تقوم بتخزين ما يمكن أن نسميه «سوفت وير» الحياة (الجزء غير المنظور) بينما البروتينات هى «الشغّيلة» الفعلية التى تنشئ ما يمكن تسميته «الهاردوير» (الجزء المنظور). وهذان المجالان الكيماويان يدعم كل منهما الآخر لأن هناك اتصالاً عالى

التخصص والتقنية عبر قناة تتوسط بينهما، من خلال شفرة مسماه «الشفرة الجينية» هذه الشفرة وقناة الاتصال تلك كليهما يطوران نتاجًا لهما، له تأثير تطوير السوفت وير والهاردوير للحياة بطريقة تثير الارتباك والتناقض.

الدوام والتغيّر Permanence and change: ومتناقضة أخرى للحياة تتعلق بالرابطة بين الدوام والتغيُّر. هذه المتاهة القديمة أحيانًا ما يشير إليها الفلاسفة لمشكلة كيف نصبح سماويين. إن وظيفة الجينات هى إعادة النسخ، أى أن تحفظ الرسالة الجينية. ولكن من دون تنوع، ومن دون تكيّف، فسوف تزوى الجينات فى النهاية: تكيّف أو مت؟ وهو الأمر الداروينى. ولكن كيف يتواجد «الحفظ» و «التغير» فى نظام واحد؟ هذا التناقض يقع فى قلب البيولوجيا. الحياة تزدهر على الأرض بسبب التوتر الإبداعى الموجود بين هذين المطلبين المتصارعين، ولكننا نظل من دون فهم كامل لكيف تتم المباراة.

وسيكون واضحًا أن ليس ثمة إجابة سهلة للسؤال الذى طرحه شرودنجر: ما الحياة؟ ليس ثمة تعريف بسيط أو خاصية بسيطة تميِّز بين الحى وغير الحى. ربما الأمر كذلك لأن العلماء يقدمون العالم الطبيعى كوحدة. وأى شىء يؤدى لوضع حد فارق بين الحى وغير الحى يخاطر بانحيازنا تجاه الاعتقاد بأن الحياة هى غموض أو سحر، أكثر منها منتسبة للطبيعية بالكامل. إنها خطأ كامل أن نسعى وراء خط فاصل بين النظم الحية والنظم غير الحية. حيث لا يمكنك أن تنزع الريش المرقط أو المزين لعنق الطائر ثم تعرفه بقلب الحياة غير القابل للإنقاص، مثل جزىء معين. ليس هناك شىء مثل الجزىء الحى، فقط نظام عمليات جزيئية يمكن أخذها بشكل جمعى، وهى التى يمكن وصفها بالحياة.

يمكننى تلخيص هذه الخصائص عن طريق الإقرار بأنه يبدو أن الحياة، وبشكل عام، تتعلق بعاملين حاسمين: الأيض وإعادة النسخ. ونستطيع أن نرى ذلك فى حياتنا نحن. لأن أهم أربعة أشياء أساسية يفعلها الكائن الحى هى: التنفس، والغذاء والشراب، والإخراج، والجنس. الثلاثة الأولى منها ضرورية للأيض

والأخير ضرورى لإعادة النسخ. ومن المشكوك فيه أن تجمعًا من الذوات لديها أيض من دون إعادة نسخ أو لديها إعادة نسخ من دون أيض يمكن أن نصفه بالحياة بالمعنى الكامل للكلمة.

قوة الحياة.. وملاحظات غير قابلة للتصديق

بهذه السمات المراوغة للحياة، فإنه لا يدهشنا أن يلجأ بعض الناس لتفسيرات أو تأويلات ذات مصدر روحى أو صوفى لإيضاحها، ربما تم حشو أو انغرس فى النظم العضوية نوع من الجواهر أو الخلاصة أو الروح التى بعثت فيها الحياة؟ إن الاعتقاد بأن الحياة تتطلب جزءًا تم لها من شىء مفارق وراء وأكبر من أنها مادة عادية تطيع على نحو عادى القوانين الفيزيائية، هذا المعتقد معروف باسم «المذهب الحيوى» **vitalism**(*). إنه فكرة مضللة وذات تاريخ طويل. حيث اقترح الفيلسوف الإغريقى أرسطو **Aristotle** أن ثمة خاصية سماها «قوة الحياة» أو «النفس» أو «العقل» أو «الروح» **"Psyche"** هى التى وهبت النظم العضوية الحية مميزاتها الملحوظة، خاصة تلك المتعلقة بالسيطرة الذاتية والحركة الذاتية «روح» أرسطو هذه تختلف عن «الروح» التى أشارت إليها المسيحية بعد ذلك والتى يشار إليها بالمصطلح **Soul** كخاصية منفصلة ولها خصوصيتها. وبالطبع ففى السمط الذى اقترحه أرسطو فكل شىء فى الكون من المفترض أنه يشتمل على خواص تحدد سلوكه. وكأثر لهذه الفكرة فقد نُظر إلى الكون كله كنظام عضوى.

وعبر القرون فقد عاد ظهور فكرة «قوة الحياة» هذه ولكن فى هيئات مختلفة. ومن وقت لآخر تجرى محاولات لربط الفكرة مع بعض العناصر الخاصة أو المتكلفة كالهواء مثلاً، وربما لم يكن هذا غير عقلانى، لأنه بعد كل شىء فإن

(*) ويقول المذهب الحيوى بأن الحياة مستمدة من مبدأ حيوى ولا تعتمد كلية على العمليات الفيزيوكيماوية (المترجم).

التنفس يتوقف بالوفاة، كما أن التنفس الصناعى يمكنه أحيانًا من تجديد بعض الوظائف الحيوية وإحيائها. ومؤخرًا فقد أصبح الدم هو الجوهر أو المادة مانحة الحياة. وهذه الأساطير القديمة ما زالت باقية معنا من خلال تعبيرات مثل «الحياة المتنفسة» "breathing life" أو «نزح أو استنفاد دورة حياة الدم» "draining away the life blood" كما لو أن هناك أكثر من نوع من الدماء.

ومع تقدم الفهم لدى العلماء، أصبحت قوة الحياة مشتركة مع مفاهيم أكثر تميزًا. فقد جرت دعاوى إلى أنها قابلة للمساهمة مع مادة «الأثير» أو «الفلوجستون» "phlogiston"(*) أو "aether" وكليهما من الجواهر المتخيلة والتى أصبحت سيئة السمعة وغير قابلة للتصديق طبقًا لهذا المجرى من التفكير. وثمة فكرة ثانية كان لها شأو شعبى فى القرن الثامن عشر، وتتلخص فى تعريف قوة الحياة بالكهرباء. فى هذا الوقت كانت ظاهرة «الكهربية» غامضة بدرجة كافية لأن تخدم هدفًا كهذا الهدف، والتجارب الشهيرة لـ: فولتا Volta أبرزت أن الكهرباء يمكن أن تشد بقوة عضلات الضفدع. كما أن المعتقد بأن الكهرباء يمكن أن تعيد إحياء المادة، ثم استخدامه بطريقة دراماتيكية فى الرواية الشهيرة التى أبدعتها «مارى شيللى» Mary Shelley بعنوان «فرانكنشتاين» "Frankenstein"، والتى فيها الوحش – الذى تم تجميعه من أعضاء جثث الموتى – قد بُعث حيًا عبر شرارة كبيرة من عاصفة رعدية. وفى أخريات القرن ١٩ حل النشاط الإشعاعى محل الكهرباء باعتباره آخر الظواهر الغامضة، وبالتالى جرت دعاوى بأن محلولاً من الجيلاتين، ربما تقطّر ومعه الحياة إذا عرض لانطلاقات إشعاع بللورات الراديوم.

تلك المحاولات الباكرة لتفسير قوة الحياة تبدو لنا اليوم كنوع من العته أو السخف. ومع ذلك فإن افتراض أن الحياة تتطلب شيئًا إضافيًا للقوى الفيزيائية

(*) وهى مادة كيماوية وهمية، وكان يُعتقد قبل اكتشاف الأوكسجين أنها من المقومات الأساسية للأجسام الملتهبة ومن هنا جاءت تسميتها «اللاهوب» (المترجم).

المعتادة، عاش جيدًا خلال القرن العشرين. ولمدة طويلة كان الظن أن الكيماويات التي تصنعها النظم العضوية تختلف عن باقي العمليات الكيماوية. وحتى اليوم فإن مسألة الكيمياء تنقسم إلى ما هو عضوى وما هو غير عضوى. وكان تطبيق ذلك يتمثل فى أن المواد العضوية مثل الكحول **alcohol** والفورمالين **formaldehyde** واليوريا **urea** بشكل أو آخر تحفظ الجوهر السحرى للحياة، حتى عندما يتم فصلها عن أى نظام عضوى حى. وعلى سبيل المخالفة فالمواد غير العضوية مثل الملح العادى **common salt** فهو ميت مائة بالمائة.

وقد كان نوعًا من الصدمة عام ١٨٢٨ عندما حاول فريدريش وولر **Friedrich Wohler**، أن يصطنع اليوريا من سيانيد الأمونيوم **ammonium cyanate**، وهو مادة غير عضوية. خارقًا بذلك القانون الحائل بين ما هو عضوى وما هو غير عضوى، موضحًا، بذلك، أن الحياة نفسها ليست ضرورية كى تصنع مواد عضوية. داحضًا فكرة أن الكيماويات العضوية تختلف بحدة عن غيرها. وسرعان ما انتهت فكرة الفصل هذه. وأصبحت مجموعة مألوفة من المبادئ ستحكم من الآن فصاعدًا عالم الكيمياء للأحياء وغير الأحياء معًا. والآن نحن نعلم أن الذرات تدور فى المحيط الحيوى إلى داخل وخارج النظم العضوية الحية طول الوقت. وكل ذرة كربون فى جسدك متكافئة تمامًا مع أى ذرة كربونية فى الهواء أو فى كومة من الطباشير. ليس ثمة سحر أو غموض فى نشاط يرى أن ذرات الكربون فى جسدك حية، أما الباقيات منها حولك تكون ميتة. ليس ثمة خاصية شبيه الحى تتطلبها ذرة الكربون عندما تأكلها، وأن تكون غير حية حينما ترسلها خارجك عبر إحدى تنهيداتك.

وبالرغم من ضبابية وغموض التميّز بين كيماويات عضوية وأخرى غير عضوية، فقد عاش المبدأ الحيوى حيث عممه بعض الفلاسفة المعروفون جيدًا مثل «هنرى برجسون» **'Henri Bergson'** فى فرنسا. وفى الواقع قد دخل إلى مرحلة علمية مع أعمال إخصائى ألمانى فى علوم الأجنّة يدعى «هانز دريش»

"Hans Driesh" فى تسعينيات القرن ١٨. لقد كان دريش متأثرًا بالطريقة التى يمكن فيها للجنين أن يكون متشوهًا فى مراحل نموه الباكرة، ومع ذلك يبقي ويشفي وينتج كائنًا حيًا صحيحًا وعاديًا. مثل هذه الملحوظة وغيرها من الخواص الملحوظة فى نمو الكائن الحى قادت دريش لاقتراح أن بروز الشكل الصحيح للكائن الحى، بكل تعقيداته التي يصعب تحليلها، يعنى أنه خاضع لسيطرة قوة حياة تقود العمليات والتى اصطلح لها المسمى: «إنتيليشى» "entelechy". كما أدرك أن تلك الخواص الآمرة لتلك القوة المسيطرة سوف تكون فى موضع التصارع مع القوى الفيزيائية العادية ومع قانون حفظ أو بقاء الطاقة. ولذلك اقترح أن «الإنتيليشى» تتصرف على نحو يؤثر على توقيت تفاعلات الجزيئات بطريقة تنتج نموذجًا له مرتبة أعلى ومتعاونًا.

ولو أن نمو الجنين ظل غير مفهوم كليًا، ولكن ما عرف عنه وعن النموذج التشكلى للبيولوجى فى عمومه كان كافيًا لإقناع البيولوجيين بأن الـ «إنتيليشى» أو أى وجه آخر للنظر فى مفهوم قوة الحياة، ليس من قبيل الضرورة التعقيدية. وهذا لم يمنع كثيرًا من غير العلماء من التمسك بأفكار المبدأ الحيوى حتى اليوم. والمعتقدات فى ذلك تتراوح بين الظاهرة العلمية مثل صورة كيرليان **Kirlian** التى تظهر نوعًا من الإكليل أو الهالة تتوهج حول يد المرء والتى ترجع إلى وَضْعها فى مجال كهربائى قوى، إلى حتى الأفكار الصوفية الغامضة والجزئية أو غير الخجولة لـ «الين» "**yin**" و«اليانج» "**Yang**" عن الطاقة المتدفقة، والكارما **Karmas**، والشرارة التى تظهر منها فقط عند منح «الروح» **Psychi**. ولسوء الحظ بالنسبة للصوفيين فليس ثمة تجربة علمية مسيطر عليها، قد تم إجراؤها على نحو صحيح عن قوة الحياة وهى تعمل، ولا نحن فى حاجة لقوة تفسر ما الذى يجرى داخل كائن بيولوجى حى.

وسبب آخر لرفض الشروح الحيوية للحياة وهو أنها بالكامل تخص سلوكًا أو تكاد تكون منشأة كلية لهذا الغرض. ولو أن قوة الحياة تعبر عن نفسها فقط فى الأشياء الحية، فسوف تكون له قيمة تفسيرية ضعيفة وربما لا قيمة على الإطلاق.

ولكى نجعل هذه النقطة واضحة، دعنى استخدم تشابه آلة بخارية قادرة على الحركة. فإذا سألت ما هى هذه الآلة وكيف تعمل، فإن أى مهندس يمكن أن يعطيك إجابة تفصيلية عن هذا السؤال. يمكنه أن يخبرك عن الصمامات والنقاط المتحكمة وضغط البخار وقواعد الديناميكا الحرارية فى مجال الإحراق. ويمكنه أن يرشدك إلى أزرار الحركة التى تؤدى إلى حركة العجلات. ويمكنه أيضًا أن يشرح لك شموع الاحتراق وكيف تعطى وميضًا يؤدى إلى قذف شعلة ودخان دافع للحركة.

والآن لا بد أن يكون موضوعيًا أن تقديرات المهندس ولو تفصيلية وكاملة، تظل بعيدة عن خلاصة الآلة، الشىء الذى يمنح مجرد كمية كبيرة متصلة من الأجزاء المعدنية هذه القوة المثيرة، «صاحبة الجلالة"، الحركة المتوافقة الأنيقة، معنى الحضور الذى يجعل المرء يتشارك مع آلة متحركة بخارية. وهكذا هل علينا أن نفترض ذلك أنه بالإضافة لأنها تَجَمُّع من محتويات معدنية، فإن الآلة يجب شحنها بهذا المُوَجِّه **traininess** الذى يجعلها آلة حقيقية؟

بالطبع الأمر عبثى. أين نجد هذا الموجّه أكثر مما نجده فى قطار؟ الآلة البخارية ببساطة هى مجموعة القطع والأجزاء المكونة لها ومرتبة بالطريقة التى هى عليها وليس هنا شىء إضافى تتضمنه ولا ذاك الموجِّه، الذى يمكن أن يضيفه الصانع ليجعل من الآلة شيئًا حيًا من أجل الغرض الذى قُصد بها. وبالمثل فإن السعى لفهم أصل الحياة، يحدو بالعلماء للنظر إلى العمليات العادية التى تقوم بها الجزيئات لكى يفسروا ما يحدث، وليس من أجل «قوة حياة» خارجية يمكن أن يحيى مادة ميتة. والذى يجعل الحياة مهمة هكذا، وما يميز الحى من غير الحى، ليس هو مما يتألف الكائن الحى، ولكن كيف تجمعت هذه الأجزاء وتعمل مع بعضها ككل.

وبالرغم من الحقيقة القائلة بأن المبدأ الحيوى أصبح سيئ السمعة وغير قابل للتصديق به. فإن أصل الفكرة يظل صحيحًا. ليس هناك شىء مادى، أو أى شىء داخل الكائن الحى، شىء فريد وحَرْفى وحيوى للعملية المنوط بها. ليست خلاصة

أو قوة أو ذرة لها حيوية. هذا الشيء الزائد هو نوع معين من المعلومات، أو باستخدام الرطانة الحديثة «سوفت وير» أو غير المنظور.

قصة الجزيء القديم (الأول):

في داخل كل واحد منا تكمن رسالة. وهذه الرسالة موصوفة في شفرة قديمة، وفقدت بداياتها في ضباب الزمن. وشفرة الرسالة هذه تحتوى على تعليمات لكيف يُصنع الكائن البشرى. ولا أحد كتب هذه الشفرة ولا أحد اخترعها. لقد أتت للوجود بشكل عفوى وتلقائى. وكانت التى قامت بالتصميم هى «الطبيعة الأم» ذاتها، وهى تعمل داخل قوانينها الثابتة، كاتبة بحروف استهلالية كبيرة على التقلبات الصدفوية الصعبة. والرسالة ليست مكتوبة بالحروف أو الحبر ولكن فى الذرات المرتبطة معًا يجمعها ترتيب تعاونى متعاقب لتشكيل ما يعرف بالرمز (دنا) DNA، وهى الحروف الأولى للمصطلح Deoxyribo Nucleic Acid، وتعنى الحامض الريبوى الذرى الكنزوع الأكسجين، إنها أغرب جزئي على الأرض.

الدنا البشرى يحتوى على عدة بلايين من الذرات مترابطة مع بعضها فى شكل مميز فى زوجين من الخطوط المضفرة. هذا الشكل الشهير اللولبى المزدوج سوف يتحول إلى حزمة ذات شكل التفافى. وإذا قمت بفرد الدنا فى ذرة واحدة من جسدك فسوف تصنع خيطًا بطول مترين. هذه جزيئات كبيرة بالطبع!

ومع أن الدنا هو مُنْشأ مادى، فهو محمل بالعديد من المعانى. إذ إن ترتيب الذرات فى هذا الخيط الحلزونى من الدنا سوف تقرر كيف سيبدو شكلك، وإلى درجة ما كيف تتصرف وكيف سيكون شعورك. الدنا ليس أكثر من «الطبعة الزرقاء» (الطبعة المبدئية قبل النهائية)، وبطريقة أكثر دقة هو نوع من الجبر أو التعليمات اليدوية لبناء كائن حى متنفس ومفكر.

ونحن نشارك مع كل أشكال الحياة على الأرض فى هذا الجزىء السحرى. من الفطر إلى الحشرات الطائرة ومن الباكتيريا حتى الدببة، الكائنات العضوية منحوتة طبقًا لتعليمات الدنا الخاصة بها. وفى كل شخص منا فإن الدنا تختلف عما هى فى أى شخص آخر على الأرض (فيما عدا التوائم المتطابقة)، وتختلف أكثر بالنسبة لأنواع الكائنات الأخرى، ولكن البناء الرئيسى والبنية الكيمائية والتصميم الحلزونى المزدوج، كل ذلك عالمى السمة أى يشترك فيه الكل.

الدنا قديم بشكل لا يصدق وغير متخيل. لقد تواجد تقريبًا منذ ٣,٥ بليون من السنين. بحيث يجعل من عبارة «قديم قدم التلال» وكأنها بلا معنى. الدنا كان موجودًا قبل أى تلٍّ على الأرض. ولا أحد يعرف كيف وأين تشكل أول جزىء دنا. وبعض العلماء حدسوا أنه ربما كان غازِيًا من الفضاء، جزىء قادم من المريخ ربما، أو من مذنب هائم. ولكن على الرغم من تواجد أول حبل من الدنا فإن الدنا خاصتنا وكأقرب احتمال ينحدر مباشرة من هذا السلف – هذا والخاصية التى تبتعد بالدنا عن أى جزيئات كبيرة أخرى فى الكائن الحى، وهى خاصية حاسمة وأعنى بها قابليته لإعادة نسخ نفسه. ولكن الدنا يعيش عملية صنع مزيد من الدنا، أجيالاً بعد أجيال، وتعليمات تليها تعليمات، منظمًا شلالاً عبر العصور أو سلسلة لا تنقطع من النسخ بدءًا من الميكروبات ووصولاً إلى الإنسان.

نسخ مثل هذا الشىء وفقط من ذات النوع. والنسخ التام من الدنا سوف يقود إلى كوكب مغمور كلية أو إلى أقصاه **Knee-deep** من كيانات عضوية وحيدة الخلية المتطابقة. ومع ذلك فليس ثمة نسخ يمكن الاعتماد عليه كلية. إن طابع النسخ الآلى قد يوجد بعض النقاط الشاردة فى النسخة، كما أن خطًا تليفونيًا يتسم بالتشويش قد يشوه عملية نقل رسالة، وكمبيوتر به خلل ما قد يفسد قائمة معلومات عند نقلها من الأسطوانة الصلبة إلى أسطوانة صغيرة **flobby** وعندما تقع أخطاء فى عملية إعادة نسخ الدنا لذاته، فيمكن أن تظهر هذه الأخطاء فى شكل تحول أو تغير مهم فى الكائن العضوى الوارث. فى الغالب يكون التحول مدمرًا، مثل كلمة

عشوائية يمكن أن تتسبب في تشويه عبارة جملة أو قصيدة قصيرة لـ: «شكسبير» "Shakespeare". ولكن مصادفة، وفقط بالمصادفة، ربما ينتج خطأ ما نتيجة إيجابية ونافعة، مانحًا ميزة للمتحول. وإذا كانت الميزة حافظة للحياة، وتمكن الكائن العضوى من إعادة إنتاج نفسه بكفاءة، فإن الجزء المعطوب من الدنا لن يعيد نسخ نفسه وسيصبح المنسوخ الجديد سائدًا. وعلى سبيل الحديث لا أكثر إذا كان الخطأ المنسوخ قد صادف كائنًا ذا إمكانية تكيّف ضئيلة فإن قيد التحول هنا ربما يزول بعد أجيال قليلة ملاشيًا هذا التنوع المعين أو فرع الدنا هذا.

هذه العمليات البسيطة من إعادة النسخ، والتنوع والاستبعاد هي نفسها أساسيات المنظور الداروينى. والانتخاب الطبيعى – التمحيص الدائم للمتحولين طبقًا للياقتهم – يعمل مثل ترس السقاطة يحافظ على الأخطاء التى تمثل ميزات ومُقصيًا تلك التى تعتبر سيئات. ابتداءً من دنا بعض أسلافنا البدائيين «الميكروب» فإنه قطعة بعد قطعة، وخطأ بعد خطأ فإن طول التعليمات المتزايدة لبناء كائن أكثر تعقيدًا أصبحت فى متناول الإنشاء.

يجد بعض الناس غضاضة فى ابتلاع هذه الفكرة: أن كتيبًا للتعليمات يكتب نفسه بمجرد مراكمة لأخطاء نشأت بالمصادفة ولذا دعني أعيد مناقشة الموضوع مرة أخرى، مستخدمًا القليل من المجاز أو الاستعارة فَكِّرْ فى المعلومات المتوافرة لدى الدنا، كأنها سيمفونية كبيرة بالطبع وجبارة بشكل استثنائى كمقطوعة أوركسترالية تضم مئات العازفين يعزفون آلاف «النوتات». وبالمقارنة فإن دنا السلف القديم ليس إلا مقطوعةً موسيقيةً صغيرةً **Melody** فكيف لهذا اللحن الصغير أن ينقلب إلى سيمفونية؟

افترض أنه طُلب من أحد الناسخين أن يكرر نسخ اللحن الأساسى كخط بداية لقطعة موسيقية. ولكن فى إحدى المرات تتحول النغمة «دو» إلى النغمة «رى». إن مجرد انسياب ضئيل للقلم قد ينتج تغيّرًا طفيفًا فى درجة السرعة أو الحركة أو يجعله فى مستوى معين. بالصدفة فإن خطأ أكثر جدية يؤدى إلى خلل كبير فى النوع. جزء

كامل من النوع يتم عزله أو إقصاؤه أو يتم تكراره ربما. أغلب هذا النوع من الأخطاء يفسد توازن الهارمونية (تلاؤم الألحان مع بعضها البعض) حتى إن الهدف المطلوب لا يبقى مستخدمًا. ولا أحد سيرغب في الاستماع للمعزوفة الموسيقية. ولكن بالمصادفة أيضًا فإن الانسياب الصغير من القلم قد يضيف لحنًا متخيلاً جديدًا جميل السمت، أو إضافة ناجحة أو تغيرًا حميدًا، بمجرد المصادفة. ستتحسن النغمة وستصبح مقبولة ومصدقًا عليها في المستقبل. والآن تخيل أن هذه العملية من التحسن والمدروسة جيدًا، استمرت على مدى تريليونات العمليات من إعادة النسخ. ببطء ولكن تأكيدًا فإن النغمة سوف تتطلب سمات جديدة، مطورة بناء لحنيًا أثريًا متحولة إلى سوناتا وبعدها إلى كونشرتو وحتى متطورة إلى سيمفونية.

النقطة الحاسمة في هذا المجاز، والتي لا يمكن الضغط عليها بشدة، هي أن السيمفونية تأتي للوجود دون أن تكون لدى الناسخ أي فكرة معرفية ولو بسيطة بالموسيقى أو حتى كانت خارج مجال اهتمامه. ربما يكون الناسخ أصَمٌّ منذ ميلاده ولا يعلم شيئًا أيًا كان عن الألحان. وهذا لا يهم، لأن وظيفة الناسخ لا تتعلق بالتأليف الموسيقي ولكن تتلخص في نسخها فقط. والذي لم يكن المجاز صائبًا بشأنه أو فيه هو عملية الاختيار. باعتبار أنه لا يوجد موسيقي عالمي يُدقِّق في هدف الحياة أو يقوم إزاءها بعملية اختبار للجودة. هناك فقط الطبيعة حادة الأسنان والمخالب مُوَظَّفة لقانون بسيط ولكنه ناشب مخالبه: إذا كان يعمل بفاعلية احتفظ به، وإذا لم يكن كذلك اقتله.

و«يعمل» هنا تُعرف بمقياس وحيد فقط، هو «إعادة النسخ» بكفاءة. وإذا نتج الخطأ في مزيد من النسخ التي صنعت، فهو بالتعريف، ودون أي اعتبارات أخرى، «يعمل"، أي لو أن «أ» نسخت «ب» ولو بأبسط هامش، فإنه مع تعاقب الأجيال سوف يكون هناك الكثير من «أ» بأكثر من أعداد «ب» ولو حدث أن «أ» و«ب» تزاحما إلى حد التنافس على المساحة التي يحتلها كل منهما، فعما قليل سوف تقصي «أ» «ب» كلية. أي تبقى «أ» حية، بينما تموت «ب»».

الداروينية تعتبر المبدأ المركزى، الذى يدور حوله فهمنا لكيف تتبنى البيولوجيا. إنها تقدم لنا تفسيرًا اقتصاديًا قصيرا وبلا تَزَيُّد عن كيف لرسالة جينية نسبية أن تجتهد وتتقن تعاليمها عبر العصور والدهور لتنشئ جزيئات الدنا المعقدة لدرجة إنتاجها إنسانًا. ما دام كتاب التعليمات: الدنا «البشير»، قد تواجد فى المقام الأول، إذن فإن الأخطاء العشوائية والاختيار ربما يكونان قادرين على إبرازها أو ظهورها. الجينات الجيدة تبقى والجينات السيئة تُستبعد. وفيما بعد، سوف أناقش مدى وفاء هذا التفسير الصارم للمطلوب. ولكن الآن فأنا مهتم بنقطة البداية هذه. ومن الواضح أن التطور الداروينى يمكنه أن يعمل فقط عند تواجد نوع ما من الحياة (بصريح العبارة فهو لا يتطلب الحياة بكامل مجدها وزهوها باعتبارها إعادة نسخ وتنَوّع واختيار). الداروينية لا تقدم لنا أى مساعدة فى مجال شرح الخطوة الأولى المهمة: أصل الحياة. ولكن المبدأ المحورى فى الحياة يفشل فى تفسير أصل الحياة. لقد تُركنا مع معضلة. ما هو المبدأ الآخر أو المبادئ التى تشرح لنا كيف بدأت؟

لحل هذه المشكلة لا بد أن نسعى إلى «مفاتيح» – أين نبحث عن هذه المفاتيح عن أصل الحياة؟ مِنْ أحسن الأماكن التى يمكن البدء بها هو أن نسأل أين بدأت الحياة ذاتها. فإذا ما اكتشفنا المكان الذى بدأت فيه الحياة فربما نكون قادرين على تخمين الظروف الفيزيائية التى صاحبت البداية. وبعدها نشرع فى دراسة العمليات الكيميائية التى حدثت فى ظل تلك الظروف، وأن نبنى صورة للمرحلة قبل العضوية قطعة بعد قطعة.

الميكروبات والبحث عن جنة عدن:

عندما كنت شابًا يافعًا كنت مُجبرًا على الالتحاق بما يعرف بـ «مدارس الأحد» والذى كان يمثل لى نوعًا من التعذيب الذى كرهته. والذكرى الإيجابية

الوحيدة الباقية لي من هذه التجربة، هي تصفح كتاب مصور يصف حدائق عـدن **Garden of Eden**. وكانت الصورة الفاتنة التي تأخذ باللب تُعبِّر عن مساحة مـن الأرض منظمة حيث تظل الشمس مشرقة دومًا، والحيوانات المجلوبة تـزأر دون خوف، حيث إنهم جميعًا نباتيون. وكانت تمثل مفارقة قياس بينها وبين حي لنـدني إنجليزي كئيب. ومن المحزن أن جنّة الكتاب المقدس تحولت لديَّ إلـى أسـطورة. ولم يزل هناك مكان، حيث عاشت فيه الكائنات الباكرة. نوع من «عدن» العلميـة. أين يقع هذا المكان؟

أنا أكتب هذا الفصل في يوم ربيعي، فيه وابلٌ من المطر يسقط على تـلال «أدليد» **Adelaide**. أمطار الشتاء قد حولت المشهد الريفي إلى اللون الأخضر. إلى حيث أوجِّهُ بصري أجد غطاءً عاليًا من الأشجار العملاقة فوق شجيرات صـغيرة وافرة وكثيفة، وثمة أشجار أصغر وحشائش تملأ المكان. وأيضًا ثمـة عـصافير تنقض من الأعالي وتتوهج ألوانها الزاهية وهي تتنقل عبر أفنان الـشجر وتختفـي تحت أوراق الشجر المتـساقطة علـى الأرض، الثعـابين والـسحالي والعناكـب والحشرات. وهناك أيضًا أرانب وبوسمات **possums** (الحيوان المتماوت) وفئـران وقنافذ النمـل **echidnas**، وأيـضًا الحيوانـات مثـل الكـاولا **Koal** والكـانجرو **Kangaroo**. حتى في هذا الريف الجاف تبدو الحياة رائعة ومليئة بالحيوية.

التنوع المحض في الأشياء الحية قد بعث السرور عند الناس علـى مـدى آلاف السنين، ولكنها أصبحت محل مقارنة بعد اختراع المايكروسكوب، حيث تـم كشف التقسيم الحقيقي في الحياة على الأرض. حتى بالنسبة للطبيعيين المندهـشين للثراء البيولوجي في غابة مطيرة أو من حيِّد صخري من المرجان. تظـل هنـاك وفرة قابعة غير مرئية حولهم. وهو مجال الكائنات العضوية المجهرية، الكائنـات وحيدة الخلية ذات الحجم الذري والتي تسكن تقريبًا، كل ركن أو زاوية متاحـة أو أي صدع أو شق على هذا الكوكب. والتي طويلاً ما تم استبعادها كمجرد جـراثيم فقد أصبح معروفًا الآن أن الميكروبات تسيطر وتحكم شجرة الحيـاة. ويمكنـك أن

تذهب إلى حديقتك الخلفية كما يقول جون هولت **John Holt** من جامعة ولاية ميتشجان(٥)، ولو فعلاً ركزت عليها عقليًا، فسوف تعثر على آلاف الأنواع الجديدة في وقت ليس بالكثير. وثمة توقف هنا لإبداء تعليق يبدو شديد المبالغة: يشتمل ملء ملعقة من التربة الجيدة على نحو عشرة تريليونات من الباكتيريا، والتي تمثل عشرة آلاف نوع مختلف! وعلى الجملة فإن كتلة الكائنات الماكروية على الأرض يمكن أن تكون كبيرة، لدرجة أن وزنها يبلغ مائة تريليون طن، أكثر من وزن كل الحياة المنظورة على الأرض لو تم تجميعها معًا.

ويجب أن تكون متأكدًا، أن التأثيرات الفيزيائية التي تسببت فيها الكائنات العضوية الماكروية هي عادة تأثيرات منظورة: عبر الأمراض الناجمة عن التلوث، ومن خلال تخمر الكحول، وانحلال أو تفسخ الطعام، وتلك مجرد أمثلة. وحتى مع ذلك، فإنها دومًا ما يُستخف بها أو يُبخس قدرها بمعرفة البشر، ربما لأنها صغيرة جدًا عنا. ويعتقد «ستيفن جاي جولد» **Stephen Jay Gould** أن علينا أن نخفف من هذه الشوفينية **Chauvinism**، بأن نطلق على العصر الحالي: «عصر الباكتيريا» بحيث يشتمل تعداد هذه الكائنات الرفيعة القوام حقيقية على ما يفوق، بل يكاد يسحق كل تعداد النسمات والأنواع الأخرى(٦). وبالمقارنة فإن الكائنات العضوية المعروف بأنها أعلى مستوى، مثل البشر والكلاب وزهور الربيع، تشغل مجرد أفرع بعيدة عن مركز شجرة الحياة.

والحجم ليس وحده السبب في أننا لا نُلقي نظرة فاحصة على الميكروبات. وإنما لأنه ليس سهلاً زرعها في المعامل، بينما هناك الكثير منها في البراري، ولكن في حالة قصور ذاتي، وليس على الأسطح الخارجية لتلك البراري، وأيضًا فإن كثيرًا من أنواع الباكتيريا المختلفة تبدو وكأنها متطابقة على نحو مخادع، وليس قبل مؤخرًا أن استطاع علماء الميكروبولوجيا أن يمسكوا بها في مجموعات كطريقة لتصنيفهم. والآن مع التقنيات القوية في عالم الجزيئات وتعاقبها، فإن اختلاف الأرومة قد تم الكشف عنه: والباكتيريا التي تبدو متشابهة تحت المجهر، ربما تتحول للمشاركة مع أرومات قليلة بأكثر مما تفعل مع الإنسان.

وقد أشار جولد بوضوح إلى أن عصر الباكتيريا، عصر دائـــم، لأن معظـــم دورات الحياة التي وجدت فوق الأرض لم يكن فيها إلا الميكروبات. هذا التصريح المتسم بالرزانة، يمثل فرصة رغم هذه السمة. لأن بداية الحياة بالميكروبات يتـــيح لنا توقع العثور على مفاتيح مهمة عن أصل الحياة بدراسة الأمثلـــة الحيـــة منهـــا. والأمل في أن البعض منها سوف يحتوى على رفات باقية فيه من الماضي البعيـــد في شكل تكوين غير عادى. وآثار من العمليات البيوكيماوية، ربما تكون باقية عبر سمات فائضة، المعادل الميكروبي للزائدة الدودية البشرية. وحتى إنه من الممكـــن أن تكون الميكروبات الحية حاملة جزيئات فائضة من العالم قبل البيولوجي.

وبوضع قطع أو شرائح المعلومات من الميكروبـــات الحيـــة مـــع بعـــضها البعض، فمن الممكن أن تظهر لنا كيف كانت تشبه الكائنات الحية من أسلافنا، وأن نخمن أين وكيف كانت تعيش. ولسوء الحظ أنك لا تستطيع بمجرد النظر أن تـــرى كيف كان تاريخ تطور الكائنات الحية الماكروية. إذ إن لها سمات تشريحية قليلـــة يمكن تصنيفها من خلالها. لا أذرع ولا سيقان، لا خياشيم ولا رئات، لا عيـــون أو آذان يمكن أن تعرض نفسها علينا لعقد المقارنات، وكما سأشرح فيما بعـــد الـــدليل الذى يربط بين الميكروبات وأسلافهم القدامى، والذى يكمن بقوة في تركيبها الجينى البيوكيماوى، والطرق الأيضية التي تستخدمها. ولحسن الحظ فإن تقنيات البيولوجيا الجزيئية الحديثة تسمح بالفحص الدقيق لمثل هذا الدليل. مثل نفايات في كتاب شـــبه منسى من لفائف الورق، فإن هذا الاختبار لهذا الدليل الجزئي قد تم محـــوه جزئيًـــا بسبب عوامل التعرية أو التلف الذى يحدثه تعاقب الزمن، ولكنه يقدم لنـــا لمحـــات مغرية عن تطور وقع في الماضي الممتد لما يقرب من أربعة بلايين من السنين.

وبوجود المعرفة بأن هناك العديد من أنواع الميكروبـــات، فـــأين يجـــب أن يتركز بحثنا عن المفاتيح الجزيئية؟ اليوم فإن ثمة باكتيريا مفعمة بالحيوية أو ناشطة ومركبة من تأليف من التمثيل الضوئي **photosynthesizing**، وهذه هي التي يجب أن نلحظها، ولكن منذ أكثر من بليونين من السنين، لم يكن ثمة أكسجين، وإنما كان

موجودًا بدرجة قليلة على الأرض ومع ذلك ازدهرت الميكروبات في شكل تنـــوع سكاني، مُخمِّرة الكحول ومُنتجــة للميثـــان **methane**، ومقللـــة مـــن الكبريتـــات **sulphate**. هذا وقد احتفظت بعض الميكروبات على مستوى معيشتها القديم حتـــى اليوم. وهذه بالذات هي أكثرها إمكانية لتقديم مفاتيح للأشكال القديمة للحياة. والتـــي تقترح فكرة مخادعة أو مضللة، افترض أنه باقية للآن كوة أو بيئـــة مـــا مظلمـــة، مكان غريب دخيل بحيث تتشابه شروطه مع كويكب واحـــد مـــن آلاف الأجـــرام السيارة، التي تجرى بين المريخ والمشترى، والـــذى يقـــذف بـــالحمم باســـتمرار، والمغطى بالغازات والذى يغلى كجهنم – ذاك هو كوكب الأرض في حالته البدائية؟ وإذا نظرنا بعناية، فربما نعثر على رفاة كائنات عـــضوية كانـــت تعـــيش هنـــاك، ميكروبات ربما تغيرت قليلاً منذ فجر بزوغ الحياة.

هل هذا ممكن؟ هل يمكن وجود مكـــان كهـــذا؟ الإجابـــة هـــي نعـــم هـــذا ممكن، ونعم يوجد مكان كهذا، وموقعه يثيـــر الدهـــشة بقـــدر مـــا هـــو مظلـــم. هناك في أعماق البحر البعيدة، علـــى الأرضـــية المظلمـــة للمحيطـــات، بعـــض الأمـــاكن، حيـــث تتمـــدد قـــشرة الأرض وتتمـــزق، مدفوعـــة بتـــأثير القـــوى الحرارية في العمق البعيد للأرض. والطبقـــة الـــصخرية لقـــاع البحـــر تتحـــول باستمرار من مكان لمكـــان، وتجهـــد نفـــسها عبـــر تمزقهـــا، محدثـــة صـــدوعًا وشقوقًا. وهنا وهناك في وسط المحيط سلسلة جبـــال وتـــلال مكونـــة، أو تكـــون موضـــعًا للـــصخور المنـــصهرة المدفوعـــة للميـــاه المتجمـــدة فوقهـــا والحمـــم المترسبة في قعـــر المحـــيط، تـــنكمش وتطقطـــق أثنـــاء تـــصدعها فـــي حـــال تعرضها للبرودة، منشئة ما يشبه النسيج الخلوى مـــن الـــصدوع والأنفـــاق التـــي تمر عبرها المياه بتأثير تيارات الحمـــل الحـــرارى مذيبـــة المعـــادن فـــي هـــذه العملية. وعند هذه الفتحات «تتقيأ» الأرض من ذلـــك الحـــين وبعـــده تيـــار مـــن السائل اللافح، «مُتَبّـــل» بالكيماويـــات بـــشكل حـــر، إن قـــسوة وضـــراوة هـــذا السائل اللافح في مواجهته مـــع ميـــاه البحـــر البـــاردة ينـــشئ مركـــزًا للجحـــيم الحرارى والكيماوى.

ويبدو مستحيلاً أن نتخيل أن ثمة أى شكل من أشكال الحياة، يمكن أن يحيا فى ظل هذه المشارطات الخشنة، التى يمكن اعتبارها من بقايا «الجحيم» **Hades**، أكثر منها بقايا الجَنّة أو «حدائق عدن» **Garden of Eden**. ولكن من المدهش، فإن هذه الفتحات البركانية فى المحيطات تمثل وطنًا لتنوع ثرى من الميكروبات بعضها يعتبر آثارًا من البيولوجيا القديمة. هنا فى ظلمة الأعماق البركانية يقيم أقرب النظم العضوية، التى نعرف أنها أول كائنات عاشت على الأرض. وفى الفصول القادمة، سوف أصف كيف كانت الاكتشافات المروعة لحشرات فائقة الحجم، تنمو تحت سطح البحر وتحت سطح الأرض، والتى غيرت تفكيرنا عن أصل الحياة وإمكانية الحياة فوق المريخ وفى أى مكان آخر.

ولكن مبدئيًا يجب أن أشرح القليل حول المبادئ الرئيسية للكيمياء الحيوية. وبصفة خاصة فيما يتعلق بقوانين الديناميكا الحرارية.

الهوامش

(١) المصادفة والضرورة Chance and Necessity لـ: جاك مونود Jacques Monod.

(trans. A, Wainhouse, Collins London 1972, p. 167).

(٢) الحياة ذاتها: طبيعتها وأصلها Life itself: Its Nature and Origin لـ: فرانسيس كريك Francis Crick.

(Simon & Schuster, New York 1981, p. 88).

(٣) يورو: يورو Yorro Yorro لـ: دافيد موالجارلاى وجوتا مالنك David Mowaljarlai and Jutta Malnic

(Magabala Books, Broome, Western Australia 1993, Chapter 23).

(٤) نظرية السلالة العامة Common descent كانت قد اقترحها بالفعل جد تشارلز دارون إراسموس دارون Erasmus Darwin في علم الحيوان أو قوانين الحياة العضوية.

(London 1794) Zoonamia or the Law of Organic Life.

(٥) العلماء الجدد New Scientist (10 Februry 1996, p. 26).

(٦) جلال الحياة Life's Grandeur لـ: ستيفن جاى جولد Stephen Jay Gould.

(Jonathan Cape, Lodnon 1996, Chapter 14) وسأعود إلى هذا الموضوع في الفصل العاشر.

الفصل الثانى

عكس اتجاه المـــد

«عندما نرحل نترك خلفنا آثار أقدام فى رمال الزمن»

هـ. دبليو. لونجفيلو[1].

H.W. Longfellow

فى أيام طفولتى، كانت رحلاتى لشاطئ البحر تمثـل لـى مناسـبات لهـا وزنها. وأكثر ذكرياتى الحية عن هذه الرحلات إلـى جانـب نباتـات وطحالـب البحر وأسماك «الجيلى فـش» وسـاعات الغـروب والـشروق فـوق المحـيط. أذكر جيدًا دهشتى الصادمة من مـشاهدتى لعـدة ثقـوب صـغيرة (حفـر) فـى الرمال الناعمة للشاطئ يتركها المد وراءه بعد تراجعـه. وهـذه الحفـر مزينـة بركام من الرمل يلتف حولها فى شكل «نقانق» (سـجق) رفيـع تتفـرد حوافـه للخارج من استدارته تدريجيًا إلـى أن يتـساوى مـع الـسطح، أشـبه بمعجـون الأسنان، عندما تضغط على الأنبوبة ليخرج إلـى الفرشـاة. وكـان مـا عجبـت له هو سبب هذه التشكلات المميـزة الغريبـة؟ لـم أشـهد واحـدًا منهـا خـلال عملية نشوئه، ودائمًا ما يتم محوها بالمياه أثناء عـودة المـد تمامًـا مثـل آثـار أقدامى فى الرمل بذات الموقع.

أعلـم الآن أن هـذه النجـوات وحوافهـا مـن الرمـل المتـراكم شـبيه «السجق»، هى من صنع ديدان صـغيرة رفيعـة والتـى تحفـر تحـت الـسطح طاردة الفضلات من الرمل المحفـور إلـى خـارج الحفـرة، ولكننـى مازلـت مرتبكا إزاء كيفية تشكيلها تلك الحواف حـول الحفـر. دع عنـك ذلـك فـالأهم

أننى تشككت – حتى فى هذه السن الصغيرة – حول أن تكون هذه الكائنات الحية الصغيرة هى المسئولة عن ذلك، وثمة نماذج عديدة فى الطبيعة لم تظهر لها أنشطة مثل أنشطة الكائنات الحية. بالطبع فعلى نفس الرمل الذى شاهدت فيه الحفر وحوافها، توجد صفوف مستقيمة من ارتفاعات ناتئة، صنعتها أمواج البحر المترقرقة على الرمال فى مجيئها إليه وغدوها عنه، ولكن يظل خط المعجون على فرشة الأسنان شيئًا مُخترعًا أو نوعًا من إيجاد حيلة للأمر سواء بالنسبة للمعجون أو الفرشاة، بل هما أكثر من ذلك، معقدان للغاية بالنسبة لعمل يصدر عن قوى غير حية وعمياء. فإن تدفق الموج يحطم ويزيل تلك الحواف الصغيرة، كما لم أعتقد أن الأمواج هى التى تنشئها.

واحدة من الطرق الرئيسية التى تميز بها الحياة ذاتها عن بقية الطبيعة، تتمثل فى قابليتها الملحوظة فى أن تمضى «ضد اتجاه المد» (المثال السابق يعد حرفيًا فى هذه الحالة) وفى صنع النظام من الفوضى. وفى المقابل تتباين الأشياء غير الحيّة فى أنها تنتج اللا نظام. وفى الواقع فإن ثمة قانونًا رئيسيًا هو الذى يعمل فى هذه الحالة، يسمى القانون الثانى للديناميكا الحرارية. ولفهم كيف بدأت الحياة، فإننا نحتاج فى البداية إلى: كيف تتوافق الحياة مع هوى أو محددات هذا القانون.

مبدأ الفساد أو التفسّخ:

أشرت فى الفصل السابق إلى أن الخلايا الحية تشبه من بعض الجوانب الآلة الصغيرة. كل الآلات تحتاج لكى تعمل إلى وقود. الحيوانات تأكل من أجل الوقود، بينما تعتمد النباتات فى وقودها، بهذا المعنى، إلى قوى الشمس. ومما لا يمكن تجنبه أو الإفلات منه كنتيجة ثانوية لذلك، هو استهلاك هذا الوقود فى شكل حرارة.

وهذا مألوف جدًا بالنسبة لأجسادنا، فالكائنات الحية تظل دافئة، بسبب الحرارة المفقودة أو المبددة من عملية استهلاك الغذاء (الوقود)، والحرارة هذه شكل من أشكال الطاقة ويمكنها أن تقود التغيّرات الفيزيائية والكيميائية، وفى القرن التاسع عشر كان العلماء والمهندسون حريصين على فهم العلاقة المتبادلة بين الحرارة والشكل وبعض التفاعلات الكيماوية، مما ساعدهم على تصميم آلات بخارية أكثر كفاءة، ومزايا أخرى. ونتيجة واحدة من هذه البحوث كانت اكتشاف قوانين الديناميكا الحرارية. ومن بينها القانون الثانى، وصلته الوثيقة بطبيعة الحياة.

ومن ناحية الجوهر فإن هذا القانون يمنع إنشاء آلة مثالية بمعنى أن أداءها له صفة الدوام. وهو يقول لنا إن كل العمليات الفيزيائية الكبيرة تقل عن مائة فى المائة بالنسبة لكفاءتها. هناك فاقد لا يمكن تجنبه وانحلال أو فساد. ولننظر إلى آلة بخارية على سبيل المثال، فإنها لا تستفيد من كل الطاقة المحررة من الفحم المحترق، كثير من الحرارة الخارجة من الغلاّية ينتشر متفرقًا، بلا فائدة فى البيئة المحيطة، جزء من طاقة الحركة يتم فقده نتيجة احتكاك الأجزاء المتحركة من الآلة. إن أحسن وسيلة لتحديد سمات هذا الفقد بمصطلحات «النظام» و «اللا نظام» أو الطاقة «النافعة» و«غير النافعة». حركة الآلة البخارية فى اتجاهها على الخط المطلوب منها، يعتبر طاقة «نافعة» أو «مفيدة»، بينما الحرارة المفقودة والمتشعبة فى الأرجاء هى من قبيل «اللا نظام» والطاقة «غير النافعة». والحرارة كطاقة اللا نظام ترجع إلى الحركة المشتتة أو المنتشرة بلا نظام للجزيئات، إنها غير مفيدة بسبب فوضى توزيعها، والقانون الثانى ذلك يقول بأن هذا الفقد لا يمكن تجنبه ولا يمكن إلغاؤه أو تغيير اتجاهه من «النظام» إلى الشكل «اللا نظامى» للطاقة ومن دون المد بالوقود، أو الطاقة المفيدة لأن الآلة المتحركة سرعان ما تلهث وتزفر الزفرة الأخيرة، ثم التوقف التام.

والقانون الثانى للديناميكا الحرارية ليس مختصًا فقط بالهندسة. إنه قانون تأسيسى فى الطبيعة ولا مهرب منه. وقد أكد الفلكى الإنجليزى سير أرثر إدينجتون

Sir Arthur Eddington أنه يحتل المرتبة العليا بين قوانين الطبيعة، حيث كتب[٢] في إحدى المرات: «إذا ما كانت نظريتك تتضاد مع القانون الثانى للديناميكا الحرارية، فلن أستطيع أن أعطيك أى أمل، فلا شيء أمام هذه النظرية سوى التداعى والانهيار فى خزى عميق». ومن السهل أن تعثر فى حياة كل يوم على أمثلة لتطبيقات القانون أثناء عمله، حالات يستسلم فيها «النظام» للفوضى. تحطم وزوال حواف الحفر وآثار أقدامى فى الرمال الذى أشرت إليهما فى صدر هذا الفصل. وفكر فى «رجل الثلج» الذائب أو إلى البيضة بعد تكسيرها. وكل هذه العمليات تنتج عنها حالات من «اللا نظام» للمادة من حالات خاضعة لـ «النظام» نسبيًا. كما أن هذه التغيّرات لا يتسنى إحداث اتجاه عكسى لها، فلن تشاهد مدًا ينشئ آثار أقدام، أو أشعة شمس تنشئ «رجل ثلج»، وحتى أحصنة الملك ورجاله، لا يستطيعون إيقاف حالة الهرج والمرج السائدة فى المعارك.

هذا ويقيس الفيزيائيون الفاقد من الطاقة النافعة بشكل كمى من خلال مصطلح «أنطروبيا»[*] "**entropy**" الذى، وبطريقة مبسطة، يتطابق مع درجة «الفوضوية» الموجودة فى نظام ما. حينما تحدث عملية فيزيائية مثل حركة المكبس داخل (الأسطوانة) فى آلة بخارية، فمن السهل حساب كم الأنطروبيا الناتج عن العملية، وعندما نكون مسلحين بمفهوم الأنطروبيا.

لماذا هذا التحول من «النظام» إلى «اللا نظام»؟ التوزيع غير المتعادل للحرارة فى البداية يمكن النظر إليه كحالة من نظام متزايد، ما دامت الأنطروبيا المنخفضة تظل أقل من الحالة النهائية لها، فإن الطاقة تتوزع بشكل فوضوى بين أكبر عدد من الجزيئات. وفى هذا المثال فإن القانون الثانى للديناميكا الحرارية يتطلب أن تتدفق الحرارة من الساخن للبارد، ولا يمكن أن تكون فى اتجاه عكسى أى من البارد إلى الساخن.

(*) عبارة عن عامل رياضى لقياس الطاقة غير المستفاد منها من نظام دينامى حرارى مغلق (المترجم).

وعند توظيف أو تطبيق قوانين الديناميكا الحرارية على نظام عضوى حى، فيبدو أن ثمة مشكلة. لأن واحدًا من أهم مزايا أو خصائص الحياة هو الدرجة العالية للنظام فيها، ولذا فحين ينمو أو يتطور هذا النظام أو يعاد إنتاجه أو نسخه فإن النظام يزداد. وهذا يتعارض مع القانون الثانى وما يدعيه. ومثال ذلك نمو الجنين، وتشكل جزيئات الدنا، وظهور نوع جديد، والتعاون المتزايد فى المجال العضوى الإحيائى ككل، كل هذه أمثلة على تزايد «النظام». وتناقص الأنطروبيا.

وقد تحير العديد من العلماء المشهورين إزاء هذا التناقض. حتى العالم الفيزيائى الألمانى «هيرمان فون هيلمهولتز» **"Hermann von Helmholtz"** نفسه، وهو أحد مؤسسى علم الديناميكا الحرارية، كان واحدًا من بين أوائل من اقترحوا أن الحياة إلى حد ما تطوق أو تحتال على القانون الثانى[٣]. وكذلك أدرك إدينجتون أن ثمة تناقضًا بين التطور الداروينى والديناميكا الحرارية، واقترح إما هجر هذا الأخير، أو إنشاء مبدأ للا تطور إلى جواره[٤]. وحتى شرودنجر كانت لديه شكوكه. ففى كتابه: «ما هى الحياة؟» قام باختبار وفحص العلاقة بين النظام واللا نظام فى الديناميكا الحرارية المصطلح أو المتفق عليها، مقارنة مع المبدأ الموروث فى الحياة والخاص بمزيد من النظام. حيث لاحظ أن الكائن الحى يتجنب التفسخ أو الانحلال ويبقى على «النظام» من خلال ما عبر عنه بـ «شرب النظام» عبر بيئته. وظن بذلك أن القانون الثانى لا ينطبق على المادة الحية حيث كتب[٥]: «يجب أن نكون مستعدين للعثور على طراز جديد من هذا القانون الفيزيائى يتغلب عليه».

وهكذا هل ثمة مشكلة فى القانون الثانى للديناميكا الحرارية عندما يتعلق الأمر بالنظم البيولوجية؟ لا، ليست هناك مشكلة. ليس هناك تناقض بين الحياة وقوانين الديناميكا الحرارية. ولكى ترى أنه لا توجد مشكلة، خذ فى اعتبارك أولاً حالة مبرّد متواضع **refrigerator** المصمم خصيصًا، لكى يزيح الحرارة عن البرودة (داخل المبرد). وإطلاقها إلى ما هو ساخن (حجرة المطبخ نفسها). ولقد

قررت سلفًا أن المتطلب من الحرارة أن تتدفق من الحار للبارد. ولكن هناك شرطًا مهمًا. أن القانون الثانى ذلك. وبحالته التى يحدثنا عنها لا ينطبق إلا علـــى الـنظم المغلقة. والمبرّد ليس كذلك. ولكى تجبر الحرارة لأن تتدفق فى الاتجاه العكسى أو الاتجاه الخطأ فعلى المبرّد أن يقوم ببعض العمل. وهـذا يتطلـب بعـض الوقـود وموتورًا ليقوداه. الموتور يستهلك الطاقة (دون أى انعكاس فى الاتجاه)، وهذا يرفع من معدلات الأنطروبيا فى المطبخ، وعندما تحسب الكميات سوف تجـد، وبـشكل مؤكد كفايةً، أن معدل الأنطروبيا داخل المبرد يقل، بينما يرتفع معدلها فى المطـبخ وحتى بدرجة أكبر من معدل انخفاضه (موتور المبرد تزداد درجة حرارته سخونة أثناء عمله). هذا وما نجنيه من الأشياء المتأرجحة يكون أكثر مما نجنيه من الطرق غير المباشرة. وهكذا من حيث التوازن، فإن مبردًا عاملاً (فى حالة شـغل) يرفـع معدل الأنطروبيا فى الكون بدرجة قليلة جدًا لا تكاد تذكر. ويصدق هذا على جميع العمليات بما فيها الحياة ذاتها، فيما يبدو أنه إنشاء للنظـام مـن دلخـل الفوضـى **Chaos**. إنها يمكن أن تصنع «النظام» فى موضع ما، ولكنها سوف تصنع «الـلا نظام» فى مواضع أخرى كثمن له.

وليس من الصعب تعقب أين يظهر اللا نظام فى النظم البيولوجية. انظر إلى أنه لكى ينمو كائن حى، فهو يحتاج إلى طاقة أو وقود، والطعام يحتوى على طاقة نافعة، والتى يتشظى بعض منها لحرارة «فاقد» أو «فاسد» خلال عملية التـنفس، إنها الحرارة التى تحفظنا فى حالة دفء، وإلى هذا الحد فهى نافعة أيضًا، ولكن ما لا يمكن اجتنابه أن بعضًا منها يتدفق بعيدًا فى الهواء المحيط بنا، وهو مـا يعتبـر «فاقدًا». وهكذا فإن «حرق» الغذاء داخل أجسادنا يولد معدلات أنطروبيا أكثر من كافية لدفع مقابل النظام الإضافى المتمثل فى إنتاج خلايا جديدة. والقصة مع النبات مشابهة تمامًا. النباتات تنمو باصطياد الطاقة الشمسية، ولكن تحويل الـضوء مـن الشمس الساخنة للأرض الباردة يؤدى إلى تزايد فى معدل الأنطروبيا بأكثر مما هو مقابل لزيادة النظام عبر إنتاج الخلايا الجديدة.

للقانون الثانى عند تطبيقه على التطور الإحيائى عند ظهور أنـواع جديـدة فهذا يعنى مزيدًا من «النظام»، ولكن نظرية دارون عرفت الثمن المدفوع لتحقيـق ذلك. إن ظهور أنواع جديدة يتطلب العديد من التغيرات بحيث يتسنى لنـا وضـع القانون الثانى كما يلى: **الأنطروبيا الكليّة فى نظام مغلق لا تتنـاقص، أو لا تزيـد بشكل لا محدود. سوف تكون هناك حالة للأنطروبيا تصل فيها إلى حدها الأقـصى والتى ويبلغ عندها «اللا نظام» أقصاه، وهى التى يشار إليهـا بــ «الاتـزان» الديناميكى الحرارى»** وبمجرد أن يصل إليها هذا النظام فإنه يظل متقيـدًا بهـا، لا يتجاوزها.

ولكى تتضح هذه المبادئ أكثر، دعنى أضفى عليها مزيدًا من الضوء، مـن خلال مثال بسيط يتعلق باتجاه تدفق الحرارة. إذا ما وضع جسم ساخن فى تمـاس مع جسم بارد، فإن الحرارة تنتقل من الساخن إلى البارد. وأخيرًا يصل كلاهما إلى ما يعرف بالاتزان الديناميكى الحرارى. ولتطوير أى أنواع أخرى يتطلـب الأمـر تحولات أو تغيرات عديدة، أغلبها أو القدر الأكبر منها ضار، وتتعرض للإقـصاء عبر «منخل» الاختيار الطبيعى. لأن أى بقاء ناجح لمتغيّر ما، يكون على حـساب آلاف من حالات الموت. والأشلاء الناجمة عن هذه المجزرة الطبيعية (الاختيـار)، تقدر بزيادة ضخمة فى الأنطروبيا، والتى لا يمكن تعويـضها بمـا جنينـاه مـن «التغير» أو «التحول الناجح»[٦].

خلاصة القول: إن النظام الإحيائى يذعن بالكامل للقـانون الثـانى للـديناميكا الحرارية وما دامت تستطيع البيئة أن تمدنا بطاقة نافعـة، فـإن النظـام العـضوى سيستمر، بسعادة، فى إنقاص معدلات الأنطروبيا وزيادة النظام فى جواره المحلـى. لكنه فى الوقت نفسه يساهم فى التزايد الوحشى، للأنطروبيا فى الكـون ككـل. هـذا الثبات بما يشبه الخط المستقيم لمشكلة الديناميكا الحرارية مع الحياة، سبق أن عرّفـه منذ زمن طويل واحد آخر من مؤسسى نظرية الديناميكا الحرارية، هـو الفيزيـائى النمساوى لودفيج بولتزمان **Ludwig Boltzmann**[٧]: «وهكذا فإن الصراع العام من

أجل الحياة ليس معركة من أجل المادة الأساسية... ولا من أجل الطاقة... إنما من أجل أن يصبح إنتاج الأنطروبيا ممكنًا من خلال تحول الشمس الساخنة إلى الأرض الباردة».

ومع ذلك يجب أن نأخذ حذرنا هنا من أن نسقط فى شَرَك. لأن الحياة، وهى لصيقة بالقانون الثانى للديناميكا الحرارية، لا يعنى أنّ هذا القانون الثانى يشرح الحياة، هو بالتأكيد لا يفعل ذلك وللأسف فإن كثيرًا من العلماء استسلموا لهذه المخادعة. وما زال علينا أن نتمثل كيف أن التغيير فى معدلات الأنطروبيا مع البيئة يجلب هذا النوع المعين من النظام الماثل من النظام العضوى الحيوى. وليس مجرد تخصيص مصدر للطاقة النافعة، سيشرح لنا بذاته كيف تتم عمليات «النظام» هذه. ولكى نفعل ذلك، يحتاج المرء لتعريف الآلية الفعلية التى ستضاعف المخزون القديم للطاقة المتاحة لتتناسب مع العمليات البيولوجية. هذا الجزء من القصة، يشبه القول بأن وظيفة المبرد قد تم شرحها بمجرد عثورنا على مقبس (بريزة).

ولأنها تتطابق مع حالة التوازن، فإن أقصى معدل للأنطروبيا يكون مستقرًا. وعلى سبيل الحديث، فإن حالة عدم الاتزان الحرارى تكون غير مستقرة، والعمليات الطبيعية ترغب فى أن تدفع معدل الأنطروبيا إلى أقصاه. ومع ذلك فإن الواقع تكون فيه عدة حواجز تمنع القانون الثانى من أن يمضى فى طريقه، وعلى سبيل المثال فإن بخار البترول مع الهواء لا يمثلان خليطًا لحالة أقصى أنطروبيا. سيرغب كل غاز منهما فى أن يتفاعل لتشكيل عنصر أكثر ثباتًا، وأن يحرر الحرارة، وبالتالى يزيد من الأنطروبيا. وفى ظل الشروط العادية، فإن هذا التفاعل يكون مخادعًا لأن الحاجز الكيميائى يمنع من حدوثها بطريقة عفوية، الأمر يحتاج لومضة لقدح زناد التفاعل أو رد الفعل. الحالات التى تمثل استقرارا هشًا من هذا النوع يصطلح على تسميتها «شبه استقرار» 'metastable' أو قل «ماوراء الاستقرار». وخليط بخار البترول والهواء هو واحد من أمثلة «ما وراء الاستقرار»، ومثال آخر: قلم يقف على نهايته المسطحة. إنه يحتاج إلى جهد ولو

قليلاً، لجعله متداعيًا للسقوط. وذلك بالمقارنة مع قلم يقوم على سنه المدبب، والذى يكون فى هذه الحالة غير مستقر بالكامل.

مفهوم «ما وراء الاستقرار» يمثل بالكلية وضعًا محرجًا لنجاح عملية الحياة. لأن الكائنات الحية تحصل على الطاقة النافعة من ردود الفعل الكيميائية، ولكنها لا تستطيع أن تفعل ذلك إذا ما كانت العمليات غير العضوية – قد طوّقت مجال العملية وبددت الطاقة فى البداية أى قبل حصولها هى عليها. وهكذا فإن الحياة دائمًا تسعى لمصادرة «ما وراء الاستقرار» للطاقة النافعة لكى تستغلها فى أن تُظهر نفسها. الحيوانات تستنبط طاقتها بحرق مواد عضوية، مستفيدة من نفس حالة «ما وراء الاستقرار» الأساسية، مثل خليط غاز البترول – الهواء. وكما سنرى أن بعض الميكروبات تقتلع الطاقة بسعيها وراء طرق كيميائية قد لا يصل إليها تفكير الكيميائيين.

ولكشف السرّ عن مصادر ما وراء الاستقرار فإن على الكائنات العضوية أن تجتاز الحواجز النشطة التى تحول دون تحرير اللا عضويات للطاقة. وهى تفعل ذلك من خلال استراتيجيات ماهرة مثل استخدام الإنزيمات **enzymes**، التى تحفز ردود الفعل وإلاّ لَجَرَتْ فى بطءٍ بالغ. وحيلة أخرى تتمثل فى أنها توظف جزيئات تقوم بدور الشاحن لتكون معادلة للشرارة التى تجعل البترول يشتعل. ولأن ردود الفعل الكيمائية تجرى بمستويات مختلفة فى ظل الظروف المختلفة، فإن الكائنات الحية تستطيع التحكم فى تحرير الطاقة بإعطاء دفعات قليلة منها عند الاحتياج إليها وفى وقتها تمامًا. وهذه الحقيقة هى التى تجعل من الكيمياء أساسًا مثاليًا للبيولوجيا، ولكن من حيث المبدأ، فإن الحياة تستطيع توظيف استخدام أى مصدر للطاقة، له صفة «ما وراء الاستقرار». وكُتّاب الخيال العلمى فحصوا الحياة القائمة على بلازما متأينة **ionized plasma** أو على عمليات ذرية. فى حين أن ذلك ممكن نظريًا، فإن التنوع المحض وتعدد جوانب ردود الفعل أو التفاعلات الكيميائية يجب أن تجعل الحياة كيميائية الطابع كأفضل فرصة رهان.

معارك الحرب الحديثة تعتمد بشدة على المعلومات الموثوقة. التى طالما لعبت دورًا حاسمًا فى قيادة الجيوش والسيطرة على المعارك عبر خطوط الهاتف ووصلات الراديو. ومع ذلك فإن قناتى الاتصال هاتين يعدان موضوعًا لتداخل الإشارات، كما يعرف كل من يحاول نقل تعليمات على تليفون محمول خارج نطاق الخدمة، وخلال الحرب العالمية الثانية عمدت الولايات المتحدة الأمريكية إلى إجراء دراسة من خلال القوات المسلحة حول مبادئ الاتصالات، قادها الباحث «كلود شانون» "**Cloude Shannon**"، الذى كان يعمل فى معامل تليفون بل "**Bell Telephone Laboratories**". وقد نشرت نتائج تحليلاته عام ١٩٤٩ تحت عنوان: «النظرية الرياضية للاتصالات» **The Mathematical Theory of Communication**، وسرعان ما أصبح الكتاب من ضمن الكلاسيكيات(٨).

نظرية شانون تمحورت على الصلة المباشرة بين المعلومات والأنطروبيا. تخيل حديثك مع صديق لك عبر هاتف «يهسهس»، أو كما نقول به «وش» لسنا بحاجة للقول بأن الضوضاء فى خلفية المحادثة لن يضيف أبدًا أى شىء للمحادثة. ولكن كانت بصيرة شانون الكبرى فى تركيز الضوء على أن هذه الضوضاء هى شكل من أشكال «اللا نظام» أو «الأنطروبيا». وبالمقارنة: فإن إشارة تمثل النظام: قارن النقاط المعدة بعناية والخطوط الصغيرة فى الكتابة (الشرطة –) فى شفرة مورس **Morse** وبين طقطقة صادرة عن راديو مثبت فى موضعه. وتُعامل المعلومات فى نظرية شانون كمضاد أو عكس الأنطروبيا لأن المعلومات أحيانًا ما تشير إلى أنطروبيا سالبة. عندما تُفقد المعلومات فى قناة اتصال مفعمة بالتشويش، تنهض الأنطروبيا. وهنا يصبح الأمر كمثال للقانون الثانى للديناميكا الحرارية، الذى على هذا النحو تتسم بصفة «كلِّيّ الوجود».

وهكذا فإن تفسخ أو انحلال الإشارة يمكن النظر إليه بطريقتين متكـافئتين: كما لو أن الضوضاء قد غزت القناة أو أن المعلومات قد تسربت منها. هذا التشويه أو الانحراف الجديد للأنطروبيا يمكن أن ينطبق تمامًا على النظم الفيزيائية. القانون الثاني يمكن أن نفكر فيه إما إنه زيادة أو انتـشار للأنطروبيـا، وإمـا انحـراف معلومات غير مُرض فى النظام.

كانت لأفكار شانون تطبيقات واضحة على النظم العضوية الإحيائيـة، لأن المعلومات هى واحدة من مزاياها المُعرّفة. فالدنا تختزن المعلومات اللازمة لإنشاء الكائن العضوى وجعله يعمل. وثمة وجه واحد لغموض «النظام» البيولوجى يمكن أن يُعبَّر عنه من خلال هذا السؤال: من أين تأتى المعلومات البيولوجيـة؟ نظريـة الاتصالات – أو نظرية المعلومات كما تُعرف بهذا الاسـم حاليًـا – تقـول بـأن الضوضاء تدمر المعلومات، وإن تلك هى العملية العكسية، إنشاء معلومـات مـن الضوضاء، والتى قد تبدو لنا كمعجزة. ظهور رسالة هكذا من نفسها مـن خـلال راديو ساكن أو خامد سوف تكون أمرًا مفاجئًا مثل أن يصنع المد آثار أقدام علـى الشاطئ الرملى، لقد عدنا إلى الوراء لنفس المعـضلة القديمـة: القـانون الثـانى للديناميكا الحرارية يصر على أن المعلومات لا تزدهر من خلال كونها عفويـة أو تلقائية بأكثر مما تستطيع الحرارة أن تتدفق من البارد إلى الساخن.

حل هذه المشكلة يمكن أن يكون مرة ثانية موجودًا فـى حقيقـة أن الكـائن العضوى ليس نظامًا مغلقًا ومحتوى معلومات خلية حية، يمكن أن تزدهـر إذا مـا تساقطت المعلومات المحيطة بها فى الجوار. وطريقة أخرى للتعبير عن ذلك وهى أن المعلومات تتدفق من البيئة إلى الكائن العضوى. وهذا هو بالضرورة ما عنـاه شرودنجر عندما قال إن الكائن العضوى يستمر فى الحياة بـشرب «النظـام». إن الحياة تتجنب التفسخ والانحلال من خلال القانون الثانى للديناميكا الحراريـة عبـر استيراد المعلومات أو الأنطروبيا السالبة من الأجواء المحيطة. وبذلك يكون مصدر معلومات الكائن العضوى هو البيئة المحيطة به.

كل من «الأيض» و«إعادة النسخ» مستنبطان من تدفق المعلومات من البيئة المحيطة إلى الكائن العضوى لأن الغذاء يحتوى على طاقة منظمة أو نافعة، وثراء فى المعلومات، فكر فى تعقيد الجزىء العضوى كنقرات صغيرة من شفرة مورس. حرارة الجسم هى طاقة فاقدة أو مُبدَّدة – معلومات فقيرة – مثل خط تليفون به «وش» أو «هسيس». هكذا يدفع القانون الثانى الرسوم المفروضة عليه، ولكن مع ذلك ينمو الكائن العضوى بتركيز المعلومات مع نفسه وتصدير الأنطروبيا. وفى حالة إعادة الإنتاج، فإن محتوى معلومات الدنا تتغير بطريقة أكثر بطئًا عبر عديد من الأجيال كنتيجة للتغيرات الإحيائية العشوائية والتحولات أو التغيرات الإحيائية التى هى المعادل العضوى للضوضاء فى خط تليفونى والإشارة هى الدنا المصكوكة حديثًا. والتحولات الناجحة هى تلك التى تتكيف بشكل أكثر كفاءة مع بيئتها، ولذلك تقوم البيئة بإمدادنا بالمعلومات وبطريقة أكثر دقة تختار المعلومات التى تنتهى داخل الدنا. وهكذا تقوم البيئة بتغذية الرسالة الجينية (الوراثية) بالمعلومات عبر الاختيار الطبيعى[٩].

النظر إلى الصراع من أجل الوجود بمصطلحات المد والجزر فى المعلومات يطرح علينا سؤالاً غريبًا: هل التحولات الإحيائية من قبيل الأخبار الجيدة أو الأخبار السيئة؟ إذا كان النسخ الوراثى مخلصًا تمامًا، فإن الحياة لن يتسنى لها أبدًا التكيف مع الظروف المتغيرة، وبالتالى سيكون الانقراض هو القضاء المحتوم الذى لا يمكن تجنبه. ومن الناحية الأخرى، فإن الكثير من أخطاء إعادة النسخ ستتكرر لدرجة أن الرسالة الوراثية ستشحب، وفى النهاية تضيع. ولكى ينجح الأمر، فإن الأنواع تحتاج إلى أن تحفظ التوازن بين تحولات إحيائية عديدة وأخرى قليلة.

يمكننا أن نرى هذه «التوفيقية» وهى ماثلة خلال حيواتنا نحن. عندما كنت فى سن السابعة توفيت خالتى الكبرى بداء السل "tuberculosis=TB"، وكانت أول مرة أسمع ما كنا نخافه من الهزال التدريجى أو السل، وبالطبع كانت الأخيرة على

الأقل لفترة طويلة من الزمن وحتى فى بواكير خمسينيات القرن الماضـــى، كـــان الموت من هذا الداء العتيق قد أصبح نادرًا فى بريطانيا، وصار ينخفض بـسرعة فى معدلاته عبر العقود التالية حتى أصبح جـديرًا بالتغاضـــى عنـــه. واكتـشاف الإستبرتومايسين، كمضاد حيوى عام ١٩٤٣ والاسـتخدام اللاحـق للقـاح **BCG** استطاعا معًا أن يستبعدا السل كموضوع محل اهتمام صحى – حتى الآن. وفجـأة عاد السل إلى الأنباء كآخر شكل لمقاومة العقاقير متزامنًا مع ســلالة جديـدة مـن «السالمونيلا» "**Salmonella**" و«الجونورهوا» "**gonorrhoea**" (مرض مُعدٍ ينتقـل جنسيًا – السيلان) و«بنيميومونيا» "**Pneumonia**" و(التهاب جرثومى أو منـــاعى أو كيميائى حاد أو مزمن يصيب الرئتين)، وأصبح السل – معهـا – يهـدد بـأن يـكون مصدرًا خطرًا عـلى الصحة مرة أخرى. **ما الذى يحدث؟**

جزء من الإجابة يكمن فى الطريقة التى تستطيع بها الباكتيريا أن تتحـول. هذا متضافر مع قابليتها للتكاثر بأقصى سرعة، يـضمن تقريبًـا أن تظـل تبـرع مناوراتها إزاء أى دواء أو لقاح تدهمهم به علوم الطب والأدوية. وبـالرغم مــن السرعة التى يسير عليها البحث العلمى للعثور على مضاد حيوى جديد، فإن التغير الإحيائى الجرثومى يقفز خطوة أسبق.

هذا ويمثل الصراع بين الأطباء والباكتيريا نموذجًا للتطور الداروينى فى حالة العمل. ورغم أن حالة الأمراض الناجمة عن التلوث معقدة عبر عدة عوامل طبيـة، فربما يمكن اكتشاف مبدأ بسيط يتحدد تحت الخطوط المعروفة لعملية إعادة النـسخ. وكما شرحت سلفًا أن أخطاء المعلومات أثنـاء النقـل تـشبه حالـة الـضوضاء أو الأنطروبيا فى قناة اتصال. الضوضاء تتسبب فى تسرب المعلومات وهى هنا تعنـى المعلومات الوراثية. هذا التحلل فى الرسالة الوراثية يقابله الاختيار الطبيعى، والـذى يخدم كمصدر للمعلومات. إذا لم تستطع البيئة أن تمد أو تضع مرة ثانية فى الجينـوم **genome**، عبر الاختيار الطبيعى، قدرًا من المعلومات مساويًا للمعلومات المتـسربة، فإن الأخطاء سوف تتراكم فى النهاية لدرجة تختلط فيها عملية إعادة للنـسخ نفـسها،

وتتوقف إعادة الإنتاج. هذه الحالة المأساوية التي هي مثال آخر لعمل للقانون الثاني من للديناميكا الحرارية، أطلقوا عليها مصطلح «الخطأ المأساوي» "the error catastrophe" وكان الذي صاغ التعبير هو البيوكيميائي الألماني «مانفرد إيجن» "Manfred Eigen".

هذا ويمكن تكميم (من كم) الأخطاء المأساوية عبر السؤال، كم عدد البِتّات bits من المعلومات في الكائن العضوي؟ وكم منها يمكن أن يتسرب قبل أن تخضع هذه الذرية بذاتها أو المعينة في الاستسلام للموت؟. وقد أعلن إيجن أنه كلما كبر عدد الجينات التي يمتلكها الكائن العضوي، صغر معدل الأخطاء. بحيث يتجنب «الخطأ المأساوي"، وذلك في مقطع صغير من الأمر. وفي كلمات أخرى فإن النسخ غير المتقن يقتل النظام العضوي المعقد. والكائن العضوي ذو الرتبة العالية لديه حوالي ١٠٠,٠٠٠ جين[١٠]. قادرة على تخزين مائة مليون «بتة» معلومات أي منها يمكن أن يكون موضع خطأ، وفي تقدير موقف مبدئي إذا كان مستوى الخطأ هو واحد في المائة مليون، فإن «الخطأ المأساوي» يمكن تجنبه. وبالمقارنة مع الباكتيريا التي لديها عدد أقل كثيرًا من الجينات، فإنها يمكن أن تتعرض للخطأ بنسبة أكبر. ويبدو أن الطبيعة لديها علم بقاعدة إيجن هذه، لأن الخلايا لدينا كبشر عملت على أن تنخفض بمستوى الأخطاء إلى واحد في كل بليون، بينما بالنسبة للباكتيريا فإن المستوى أعلى بكثير – حوالي واحد في كل مليون. ومن هنا تأتي مشاكل التحولات المقاومة للأدوية واللقاحات. وبالنسبة للفيروس، والذي لديه عدد أقل من الجينات فإن مستوى نسبة التحول الإحيائي يبقى أعلى بكثير. والدرجة القصوى لمستوى نسبة الخطأ بالنسبة للجنس البشري تكون عادة دون مستوى «الخطأ المأساوي»، وهو ما يمثل حالة توفيقية بين الثبات أو الاستقرار والمرونة.

و«الخطأ المأساوي» يمثل حالة حرجة ومهمة بالنسبة لمشكلة النشوء الإحيائي من حياة أسبق. بالنسبة للنظم العضوية الحديثة، ثمة آلية لتصحيح مميز للطبعة وإصلاح للخطأ، يتم توظيفها لحفظ المستوى المنخفض للأخطاء. حيث

تستطيع الخلايا أن تكتسى برداء من الإنزيمات، ظهر عبر بلايين السنين، لتنقية عملية إعادة النسخ. ولم تكن مثل هذه الإنزيمات متاحة للنظم العضوية الأولى. ولذا كانت عملية إعادة النسخ لديهم عرضة بشدة للخطأ. وطبقًا لقاعدة إيجن، فإن هذا يعنى أن الخريطة الجينية لدى هؤلاء الأوائل (أو قبل إعادة النسخ قبل العضوى) كانت قصيرة جدًا إذ كان لهم أن يتجنبوا «الخطأ المأساوى» ولكننا هنا نقع فى تناقض. إذا كانت الخريطة الجينية بالغة القصر، فكيف تستطيع أن تقوم بتخزين معلومات كافية لبناء آلية النسخ نفسها. إيجن اعتقد أنه حتى أبسط أجهزة أو أدوات إعادة النسخ تتطلب معلومات أكثر وفرة، والتى لم يسبق تراكمها أبدًا فى سلسلة متعاقبة من الحامض النَّووى (مادة تستخرج من نوى الخلايا) **"nucleic acid"**[11]. وللوصول إلى مقدار الطول الذى تحتاجه الشفرة الضرورية للإنزيمات الطابعة، فإن الخريطة الجينية ستخاطر بالوقوع بغباء فى مشكلة «الخطأ المأساوى» الذى تحاول مقارعته والتغلب عليه. ولوضع المسألة فى شكل بسيط: الخرائط الجينية تتطلب نسخًا يعتمد عليه، والنسخ الموثوق به يتطلب خرائط جينية معقدة. وعليه أيهما يأتى أولاً؟ وهذه مثل مشكلة «البيضة» و«الدجاجة» كنموذج لمتناقضة النشوء الإحيائى كما سنرى فى الفصل الخامس.

حتى الآن كنت، إلى حد ما، مختالاً فى استعمال مصطلح «المعلومات». ولكن علماء الكمبيوتر وضعوا تفرقة بين تراكيب الجمل وبنائها وإعرابها **syntax** ودلالات الألفاظ وتطورها **semantics**، فالأولى هى محض معلومات ربما تم ترتيبها طبقًا لقواعد النحو، بينما الأخيرة معلومات لها نوع من المعنى أو السياق. والمعلومات بذاتها أو من ناحية جوهرها ليس عليها أن تعنى شيئًا: قطع الثلج المتساقطة تحوى معنى تركيبيًا بالنسبة لخصوصية تركيبها كسداسية الشكل أو الأضلاع ولكن هذا النموذج لا يحوى أى دلالات، أى لا معنى لأى شىء بخلاف بنائه هو. وبالمقارنة مع الملمح المميز للمعلومات البيولوجية من أنه مفعم بالمعانى. الدنا تقوم بتخزين المعلومات المتطلبة لبناء كائن بشرى وظيفى، إنها «الطبعة الزرقاء» (الطبعة الميدئية

أو البروفة النهائية) أو الحبر الخاص بكائن متخصص ومنتج محتوم أو مقدر "predetermined"، بينما قطع الثلج المتساقطة ليست شفرة ولا تحتاج لشفرة، كما أنها لا ترمز لأى شيء على الإطلاق، بينما الجينات تفعل ذلك بشكل واضح لا لبس فيه. ولكى تشرح الحياة بشكل كامل، فليس يكفى أن تعرّف ببساطة مصدرًا للطاقة الحرة، أو معدلاً للأنطروبيا السالبة، للإمداد بالمعلومات البيولوجية. إنما علينا أيضًا أن نفهم، كيف تأتى المعلومات الدلالية ذات المعنى للوجود. إنها جودة المعلومات وليس مجرد وجودها. وهذا هو السر الحقيقى. كل هذه الأشياء عن الصراع مع القانون الثانى للديناميكا الحرارية هو تقريبًا أمر قليل الشأن، كأسماك السردين الحمراء قليلة الحجم لدرجة أنها جديرة بالالتفات عنها.

مصدر المعلومات الدلالية يمكن أن يكون - فقط - متمثلاً فى بيئة الكائن العضوى، ولكن هذا يستدعى السؤال: كيف جاءت المعلومات للبيئة فى المقام الأول؟، إنها - فقط - لم تكن منتظرة كشرائح أو صفحات من الطبعة المبدئية **blueprint** قبل الوجود للطبيعة كى تحاكيها. الطبيعة ليست مُصممًا عبقريًا. وعليه، فما الذى تعرفه عن محتوى معلومات البيئة نفسها؟ بالطبع المقصود بالبيئة هنا هو موطن الكائن العضوى؟ هل المحيط الأرضى؟ هل النظام الشمسى؟ فى النهاية البيئة هى الكون كله. تتبع سلسلة التسبيب أو العلية، وستجد أن السؤال متعلق بالكونية. وهكذا نكون مواجهين بالسؤال المطلق: من أين جاء محتوى معلومات الكون؟

الفجوة الأنطروبية: الجاذبية كمنبع رئيسى للنظام:

سبق لداروين أن انتقد بشدة هؤلاء الذين تدارسوا وتفكروا حول أصل الحياة، كرد عكسى على التفكير فى أصل المادة. واليوم يعتقد الفيزيائيون والكونيون أنهم قد عرفوا أصل المادة، وأن هذا الأصل يكشف عن أنه قابل للمقارنة مع عملية

الإحياء العضوى. أو أن الكون المرئى يشتمل على $١٠^{٨٠}$ من أطنان المـادة، أمـا مشكلة من أين أتت فكانت أشبه بالعبء أو الوباء الذى أصاب الكونيات لعديد مـن السنين. وكان الناقدون الأوائل للانفجار الكبير لا يوافقون على افتراض أن كل هذه المادة اندفعت للوجود فى بداية الزمن من دون أى سبب ظاهر. وكانـت فكـرة أن الكون تجذر من مادة، سبق أن وجدت بالفعل منذ البدايـة، كانـت هـذه الفكـرة كالصدمة بالنسبة للكثيرين فاعتبروها غير علمية بالمرة.

وكان ثمة طريق آخر فى متناول اليد. حيث اكتشف الفيزيائيون منذ فترة أن عناصر المادة يمكن إنشاؤها إذا ما تركزت الطاقة بدرجة كافية، وهى عملية قابلـة لأن تتم فى المعمل عن طريق ماكينات تسريع كبيرة. ولسوء الحظ لم تستطع هـذه الفكرة أن تحل مشكلة الكونيين، لأنها تستدعى ببساطة سؤالاً حرجًا: من أين أتـت هذه الطاقة المتطلبة للعملية فى المقام الأول؟ الافتراض بأن الطاقة فى الكـون قـد جاءت أو أُعطيت.. فقط هكذا كما لو كانت مجرد موجودة هناك فى الخارج، كـان من الصعب اعتباره نوعًا من التقديم أو التقويم لفكرة أن المادة كانت هناك بدورها «فى الخارج». وفى كل هذه الاعتبارات تظل هناك شاردة عن «المعجـزة» عـن شىء يصدر عن اللا شىء فى نظرية الانفجار الكبير.

ولكن فى ثمانينيات القرن الماضى تم حل مسألة مصدر الطاقة فى الكـون، حيث أُكتشفت المقولة بأن كل الطاقة فى الكون ربما تكون بالفعـل عنـد درجـة الصفر، وبالتالى تكون حالة من حالات «شىء من لا شىء». ويرجع السبب فى أن الكون يظل يحتوى على $١٠^{٨٠}$ أطنان من المادة. ومع ذلك تبقى الطاقة فى درجـة الصفر – يرجع إلى أن طاقة مجال الجاذبية طاقة سلبية – تعبير غريب ومميز فى آن معًا ويتصل بما سأقوله فيما بعد، والجمع بينهما يدل على أن كلا الاثنين يمكـن أن يتلاغيان، تاركين قيمة «الصفر». وثمة آلية مقنعة وُجد أنها تـشرح كيـف أن الطاقة الإيجابية تظل محتبسة فى المادة، بينما تذهب كمية مماثلة لها مـن الطاقـة السلبية إلى حقل الجاذبية وكنتيجة ذلك، فإن كل المادة الكونية قد أنشئت بالفعل من

دون مقابل ! وبمجرد أن ميز الكونيون ذلك، فقد أصبح قابلاً للتصديق افتراض أن الكون كله بدأ في فراغ تام، وظهرت كل المادة بعد ذلك (ولكن بسرعة شديدة) كنتيجة لعمليات فيزيائية طبيعية. وحظيت هذه النظرية بقدر من الرفعة وبتقدير أنها أكثر علمية، لأنها استبعدت الحاجة لافتراض بأن ثمة قوة تفوق الطبيعة قد ساهمت في إيجاد المادة عند بداية الزمن.

والآن إذا عدنا لمشكلة الإحياء العضوى، سنجد أننا مواجهون بمشكلة وجدانية عكسية. لأننا سنكون بحاجة لأن نشرح، ليس أصل كل هذه الأشياء المادية، ولكن أصل المعلومات إذ إن السعى وراء العمليات الفيزيائية المولدة للمادة يبدو علمًا جيّدًا، أنه يبدو من غير العلمى بالمرة التعلق بأمل أن عملية ما هى التى ستولد المعلومات. فالمعلومات ليست، من بين ما يفترض أنها هكذا تأتى من دون مقابل (مثل مادة الكون) أنك يجب أن تعمل من أجلها. وهذا بالفعل هو القانون الثانى للديناميكا الحرارية الذى نعود إليه للمرة الثانية. هذا لأن الظهور التلقائى للمعلومات فى الكون ربما يكون مكافئًا للنقص فى درجة الأنطروبيا فى الكون – بالتناقض مع القانون الثانى: معجزة.. والآن لم يعد محلاً للإنكار أن الكون يحتوى على معلومات (لأنه ليس فى حالة اتزان حرارى). وإذا المعلومات لم يتسنى إنشاؤها، فلابد أنها كانت موجودة هناك منذ البداية، كأن تكون جزءًا من المرحلة التمهيدية على سبيل المثال. والنتيجة التى يسوقنا إليها هذا هو أن الكون تواجد منذ البداية وهو مكدس بالمعلومات، أو الأنطروبيا السالبة.

ما ملاحظات الفلكيين حول المحتوى المعلوماتى للكون الباكر؟ هنا سنقع على اكتشاف عجيب هو وجود خلفية للكون من الإشعاع الحرارى، إنه أحد الأدلة التى تُكرِهنا على قبول نظرية الانفجار الكبير، وفيما يبدو أنه تَوهّج تخلف عن المولد النارى للكون. هذه الأشعة سافرت عبر الكون دون أى بعثرة أو تعويقات بعد زمن قليل منذ الانفجار الكبير. ولذلك فإن هذا يعطينا نوعًا من اللقطات الخاطفة عما كان عليه الكون قرب بدايته. وقياسات الأقمار الصناعية حددت أن

مشهد أو طيف الإشعاع الحرارى الكونى يتطابق بالضبط مع حالة «الاتزان الحرارى». ولكن حالة الاتزان هذه تمثل أقصى درجات الأنطروبيا، والتى طبقًا لما أوضحته علاقة شانون، فهى تتضمن الحد الأدنى من المعلومات وفى الواقع فهى كافية لإعطاء معلومة واحدة (درجة الحرارة) تصف بالكامل حالة الاتزان الحرارى، وهكذا فإذا كانت خلفية الكون من الإشعاع الحرارى، لها أن تكون أى شىء فليس سوى أن الكون بدأ من دون أى محتوى معلوماتى تقريبًا.

ويبدو أنه تواجهنا حالة تناقض تثير الارتباك: القانون الثانى يمنع زيادة مجموع المحتوى المعلوماتى للكون وقت ظهوره، فإن تسنى لنا أن نقول بأن الكون الباكر قد احتوى على قدر ضئيل من المعلومات. فعلينا أن نسأل: ومن أين جاءت المعلومات الماثلة أمامنا فى الكون الآن؟ وثمة طريقة أخرى للتعبير عن المشكلة بواسطة مصطلحات الأنطروبيا. إذا كان الكون حين بدايته كان قريبًا من حالة التوازن الحرارى. حيث الحالة القصوى للأنطروبيا، كيف تسنى أن يصل (الكون) لحالته الحالية من عدم الاتزان، ونحن نعلم أن القانون الثانى يمنع من هبوط أو التدنى فى درجة الأنطروبيا.

والإجابة عن هذا اللغز أو تلك الأحجية أصبحت معروفة اليوم: إنها تكمن فى الدراسة المتأنية والجيدة لظاهرة الجاذبية. ولكى ترى التغيير الذى تحدثه الجاذبية فى الديناميكا الحرارية، فكرْ فى قارورة مملوءة بالغاز، فى هيئة حرارية معينة، فإذا أنت تركت الغاز مستقرًا دون اضطراب فهو لن يفعل شيئًا، إذ سيبقى فى حالة توازن. ولكن افترض أن كمية الغاز كانت كبيرة كسحابة غازية فيما بين الكواكب، هنا ستكون للجاذبية أهمية كبيرة، فلن يكون صحيحًا أن شيئًا لن يحدث، لأن النظام حاليًا قد اضطرب، وسوف يبدأ الغاز فى التكثف، مراكمًا مواد أكثر كثافة هنا وهناك. وفى وسط هذه التجمعات أو مراكزها سيتسبب التضاغط فى ارتفاع حرارة الغاز وسوف يتسبب تدرج درجات الميل فى الحرارة فى تدفق الحرارة، وتتشكل النجوم داخل سحابة كونية حقيقية عبر هذا التصور. وتدفق

الإشعاع الحرارى من مثل هذا النجم – الشمسى مثلاً – سيكون مصدرًا (مــن دون مقابل) للطاقة أو الأنطروبيا السالبة، وهو ما يسيِّر كل أشكال الحياة علــى ســطح الأرض عبر التمثيل الضوئى **photosynthesis**، وهكذا فى ظل تأثير الجاذبية فــإن الغاز المفترض أنه حالة توازن حرارة، وفى درجة حرارة متماثلة أو منتظمة وحد أقصى من الأنطروبيا، وبصرف النظر عن حــدوث أى تغييــرات أخــرى، فــإن الجاذبية ستجعل الحرارة تتدفق وتسبب ارتفاعًا متزايدًا فى درجة الأنطروبيا. هــذا الإغواء الجاذبى لعدم الاستقرار هو مصدر المعلومات.

وفى النهاية فإن الجاذبية تغيِّر من قواعد اللعبة بطريقة واضــحة وبــارزة. لأنه فى نظام تكون فيه الجاذبية محسوسة، فإنه يكفى أن يكون هذا النظام له حرارة مستقرة ومنتظمة وكثافة مستقرة ومنتظمة، كى نقول إنه فى حالة اتزان دينــاميكى حرارى، أو حالة حد أقصى من الأنطروبيا. نعم تخدعنا المظاهر – ذلك أن سحابة غازية يظل لديها الكثير من الطاقة الحرة لتنفثها عبر عمليات الجاذبية. حتــى فــى حالة الحرارة المستقرة فإن الغاز يظل فى حالة انخفاض فى الأنطروبيا. وعنــدما يتعلق الأمر بالكون فإن الجاذبية هى القوة المسيطرة، وعليه فــلا يمكننــا تجاهــل تأثيراتها الديناميكية، ومن ثم لا نستطيع أن نستنبط من وجود خلفية منتظمــة مــن الإشعاع الحرارى أن الكون الباكر كان فى واقع الأمر فى حالة توازن ديناميكى.

تمامًا كما يبدو أن الحياة «ذهبت فى الطريق الخطأ» ثيرموديناميكيًا، هكــذا يبدو أن الجاذبية ذهبت كذلك فى نفس الطريق[١٢]. نمو ناعم للغاز فى وسط تراكم معقد. ظهر النظام عفويًا. وبالنسبة للمصطلحات المعلوماتية، فيبدو أن هــذا يمثــل عودة لنقطة البداية. لأن حالة من الغاز المستقر، بكل بساطة هذه الحالــة، يمكــن وصفها عبر معلومات قليلة، بينما تتطلب مجموعة نجوم، أو مَجرّة معلومات وفيرة لوصف أى منهما. وفى بعض الطرق غير المفهومة بشكل صــحى، فــإن كميــة ضخمة من المعلومات تبقى فى النهاية كامنة، كسر محفوظ تحــت نعومــة حقــل الجاذبية لغاز مستقر عديم الملامح. وفى حالة ظهور أو بروز نظام، فــإن الغــاز

يخرج من حالة الاتزان وتتدفق المعلومات من حقل الجاذبية منتقلة إلى المادة. وجزء من هذه المعلومات ينتهى إلى الخريطة الجينية للكائن العضوى كمعلومات بيولوجية.

وبالنظر للكون ككل، فإن التوزيع الهادئ المبدئى للغاز الذى لفظه الانفجار الكبير، تحول ببطء إلى بقع أو لطخات من الغاز المُكوِّن، الأكثر لحرارة نظمت نفسها فى النهاية إلى مجرّات أولية برّاقة محاطة بالفضاء الخالى. وهذه تتحول إلى تشكيل من نجوم متوهجة. هكذا يساعد تمدد الكون على حدوث التغاير الحرارى، لأنه نتيجة للتمدد الكونى تهبط الحرارة الخلفية الكونية. وتصبح النجوم المتقدة قابلة لنفث إشعاعاتها بقسوة إلى الفضاء البارد. وتكون خلاصة هذه العمليات التى صنعتها الجاذبية أن فجوة الأنطروبيا تنفتح على العالم، الفجوة بين الأنطروبيا الفعلية وبين الحد الأقصى الممكن للأنطروبيا. ويكون تدفق ضوء النجم هى واحدة من العمليات التى تحاول إغلاق تلك الفجوة، ومن الناحية الفعلية، فإن كل مصادر الطاقة الحرة أو غير ذات المقابل بما فيها الطاقة الحرارية والكيميائية داخل الأرض، يمكن نسبتها إلى تلك الفجوة. وهكذا فإن الحياة تتغذى بعيدًا عن فجوة الأنطروبيا التى أنشأتها الجاذبية. إذن يصبح المصدر المطلق للمعلومات والنظام متمثلاً فى الجاذبية.

وفى تعقب مصدر المعلومات إلى الوراء وصولاً للجاذبية وللحالة المستقرة للكون فور الانفجار الكبير، تتركنا بدورها مع مشكلة «الدلالية». كيف برزت المعلومات ذات المعنى فى الكون؟ وهذا السر يقترب من الصلة بأصل «التعقيد»، ويشكل واحدًا من العوامل المُعَرِّفة للحياة.

وينقسم العلماء عما إذا كان التعقيد يسلك سلوك المادة أو أن شأنه شأن المعلومات، أى عما إذا كان التعقيد الكلى فى الكون يظل دوما كما هو عليه. بعض الباحثين يعتقدون بوجود قوانين للتعقيد، وإذا كانت هذه القوانين موجودة، فربما تصف لنا «كيف» لحالة بسيطة يمكنها أن تتطور طبيعيًا إلى ما هو أكثر تعقيدًا،

حتى لو احتوت على معلومات دلالية أو ذات معنى. وهذه الحالة عادة ما تسمى: «التعقيد الذاتى» أو «النظام الذاتى»، وسوف يكون لدى ما أضيفه فى هذا المجال عبر الفصول التالية. وثمة علماء آخرون يناقشون أن «التعقيد» لا يمكنه أن يُستَحضَر هكذا من وسط الهواء المحض، ولكن النظام المعقد لا ينشأ إلاّ من خلال نظام معقد آخر وعلى الأقل مماثل له فى التعقيد. إلا أن الجاذبية المعقدة عادة ما تعطى فترات توقف مؤقتة تفسح خلالها المجال للتفكير، لأنها تظهر بالطبع وعلى نحو طبيعى من حالة مبدئية بسيطة.

ولكون الجاذبية من قبيل القوى الضعيفة، فإنه من الصعب تصور أنها تلعب هذا الدور المباشر فى العمليات البيوكيميائية. ولو أن بعض الفروض من قبل الباحثين قد جرت على هذا النحو. فإن «روجر بنروز» **"Roger Penrose"**، الخبير العالمى فى الجاذبية والرياضى الأوكسفوردى، تَفَكَّرَ فى أن الجاذبية ربما تؤثر فى البيوكيميائيات عبر عمليات كمّية(١٣). كما قارن الفيزيائى الرياضى «لى سمولن» **"Lee Smolin"** بين الحياة والجاذبية فى كتابه الأخير بعنوان: «حياة الكون» **"The life of the Cosmos"**، حيث طور فيه محاكاة أو مشابهة بين سلوك أنظمة الـ: **ecosystems** والمجرات الحلزونية الشكل أو ذات الحركة المغزلية وباستلهام نماذج كمبيوترية عن النظام الذاتى، وجد أن ثمة توازيًا مغلقًا فى عمليات استرجاع المعلومات **feedback**. وأعتقد أن الحياة بزغت فى عش صغير وبشكل تراتبى كنظام ذاتى التنظيم وبدأت فى بيئتنا المحلية الطبيعية وتصاعدت منها على الأقل إلى مجرتنا(١٤).

لو أن أفكار بنروز وسمولن كانت صحيحة وقد قيل عنها، إنها فقط تأملية جدًا – فهى ربما تكشف عن رابطة بين خصائص الطريق الخطأ للديناميكا الحرارية والتى تميز كلاً من نظم الجاذبية والبيوكيميائية. وكان يمكنها إذن أن تفسر أصل الحياة كمسألة ترتبط تمامًا وبعمق مع أصل الكون نفسه.

وفى خضم هذا المزاج التأملى، أود أن أضيف بعض الأفكار من عفويـاتى. مفهوم المعلومات يظهر بوفرة فى عدة مجالات علمية مختلفة ليس فقط فى علـوم الإحياء العضوى (البيولوجيا) والديناميكا الحراريـة، ولكـن أيـضًا فـى علـوم الكمبيوتر، وفى عدة فروع أخرى للفيزياء. وعلى سبيل المثال ففى ميكانيكا الكـم، فإن الخواص الشبيهة بالموجات **wave-like** مـن المـادة، توصـف مـن خـلال الرياضيات بواسطة دالة موجبة **wavefunction**، وهى تمثل كل شيء معروف عن النظام الذى تصفه مثل تقديم المحتوى المعلوماتى للحالة. وسوف أضـيف المزيـد عن هذا الأمر فى الفصل العاشر. إنما هنا أرغب فى الضغط على ملاحظـة بـأن السمة المميزة لوظيفة الموجة هى المسماة عادة باللا محليـة **nonelocality**، إنهـا تنتشر عبر الفضاء وتصف علاقات غامضة تربط مع عناصـر منفـصلة بـشدة علاقات عبر عنها أينشتاين بـ «علاقات شبحية» تجرى علـى البعـد. وبكلمـات أخرى فإن وظيفة الموجة ومحتواها المعلوماتى هى جوهر عالمى وليـست كمًـا محليًا، مثل كمية الحركة، أو الطاقة، أو الشحنة الكهربائية[١٥].

ويظهر مفهوم المعلومات مرة أخرى فى النظرية النسبية، ولكـن بطريقـة مختلفة جدًا وغريبة جدًا. لقد طالما قيل بأن النظرية النسبية تمنع ارتحال أى شيء بسرعة تفوق سرعة الضوء. وهذا ليس صحيحًا، حيث تـسمح بارتحـال بعـض العناصر بسرعة تزيد على سرعة الضوء (هذه العناصر الحدسية تسمى تاكيونـات **tachyons**). والذى تمنعه النظرية هو انتقال المعلومـات بأسـرع مـن الـضوء. والمشكلة هنا تتمثل فى أنه إذا استطاع «أ» أن يبعث بإشارة إلـى «ب» بـسرعة فائقة **superluminal** (اللومن مقياس لتدفق الضوء من مصدر ضـوئى أو قيـاس سقوطه على سطح: المترجم)، فمن السهل أن نستنتج مفهومًا عامًا بإمكانية إرسـال إشارات إلى الماضى، مُنشئين بذلك المتناقضات التقليدية المتعلقة بالـسببية. وهـذه التناقضات لم تجئ عبر إمكانية إنتشار الضوء فائق السرعة علـى هـذا النحـو: الضوضاء الأسرع من الضوء لا تهدد السببية، لأنها خلو من المعلومـات ولكـن

الإشارات الأسرع من الضوء (مثل المعلومات هنا) هى متناقضة بعمق بالغ. تخيّل على سبيل المثال أن «الريموت» الإشعاعى، الذى يفتح باب الجراج الخاص بـــى، كان قابلاً لنقل الإشارة إلى الماضى، ولنقل قبلها بيوم، فإنه يمكننى أن أضَـــعَ هـــذه الخاصية على قنبلة إشعاعية نشطة مُبرمجة على الانفجار إذا استقبلت أى رســـالة من المستقبل. ما الذى يحدث لو أننى ضغطت على الزر «غدًا؟» ستنفجر القنبلـــة «اليوم»، مُحطمة معها الريموت نفسه، ولن أستطيع تنشطيه غدًا. ولكـــن لـــو لـــم أموضعه على الغد فإن القنبلة لن تنفجر. التناقضات من هذا النوع مألوفة جدًا لدى المناصرين للخيال العلمى، والذين يهبون حياتهم له. والآن من حيث المبـــدأ، فـــإن زناد القنبلة لم تعد ثمة حاجة لأن يكون معقد الإشارات الإشعاعية.

وإنما يحتاج فقط إلى جسيم كمى وحيد يصدر عن جهاز الإرسال **transmitte**، ما دام النظام معدًا بشكل صحيح للتجاوب مع ذلك الجسيم. وبكلمات أخـــرى إذا كـــان النظام مُنشأ بطريقة يكون فيها الجسيم المسئول هو إشارة لتفجيـــر القنبلـــة، فـــنحن إذن نواجه متناقضة. ولكن الجسيم فى ذاته ليس مميزًا فالجسيم هو جسيم. ويـــصبح زنـــادًا مفجرًا للقنبلة أو متناقضة، إذا قام بنقل معلومات ما بين جهاز الإرسال والمستقبل. كأن نقول إنه المجرى الذى يرتحل فيه الجسيم فى الزمن إلى الخلف، وهو ما ينتج المشكلة، والمجرى هنا مفهوم عالمى. لا يستطيع الجسيم فى حد ذاته أن يكشف عمـــا إذا كـــان ينقل معلومات أو لا، إذ ليست هناك ميزة إضافية أو مضافة إليه محليًا (كما تفعل مـــثلاً الشحنة الكهربائية) وهذه الميزة تقول: «أنا أحوز معلومات».

وهكذا تقترح ميكانيكا الكم، ومعها النسبية بأن المعلومـــات هـــى كونيـــة أو عالمية عوضًا عن كونها كمية محلية. حيث لا يمكنك ببساطة أن تفحص موقعًا فى الفضاء وأن تعايش المعلومات. فالذى تراه – جزيئًا على سبيل المثـــال – يـــصبح معلومات فقط فى مجرى عالمى صحيح. سواء كان أو لم يكـــن الجـــزىء ممـــثلاً لمعلومات هامشية أو تافهة أو مادة ذات معنى دلالى حقيقى. وربما تكون لها نتائج دراماتيكية مثل نموذج القنبلة الذى قدمناه هنا.

كيف لكل هذا أن تكون له صلة بأصل الحياة؟ إنها تقترح أننا لن نكون قابلين أو قادرين على تعقب أصل المعلومات البيولوجية وربطها بعمليات القوى الطبيعية المحلية وقوانينها. وبصفة خاصة الدعوى المتكررة – كبحث يشكل انقطاعًا مؤقتًا – والخاصة بأن الحياة مكتوبة في قوانين الطبيعة، فهذا لن يكون صحيحًا، لو أن هذه القوانين محصورة على النوع المألوف الذى يصف التحركات المحلية والقوى المتقاربة أو المباشرة. علينا أن نسعى وراء أصل المعلومات البيولوجية فى نوع من المجريات العالمية. لأنه قد يحدث أن تكون مجرد بيئة بسيطة، تلك التى وقع فيها الإحياء العضوى. ومن الناحية الأخرى فقد تتعلق المسألة بنوع أو طراز من القوانين للفيزيائية غير المحلية، والذى لم يتعرف عليه العلم بعد. وهذا الجلاء والوضوح يضع ديناميكات المعلومات فى حالة ارتباك وحيرة مع ديناميكات المادة.

(١) ترنيمة الحياة "A Psalm of Life" لـ:هـ. دبليو لونجفيلو "H.W. Longfellow".

(٢) طبيعة العالم الفيزيائى "The Nature of the Physical World" لـ: أ.س. إيدنجتون "A.S. Eddirgton" (Cambridge University Press, Cambridge, 1928, p. 74.)

(٣) القانون الثانى، الأنطروبيا السلبية، الديناميكا الحرارية للعمليات الخطيّة " The Second Law, Negentropy, thermodynamics of Linear Processes' لـ: أ. أى. زوتين "A.I. Zotin" فى الديناميكا الحرارية للعمليات البيولوجية Thermodynamics of Biological Processes الذى أشرف على تحريره آى لامبرشت "I. Lamprecht" و أ. آى. زوتين (de Gruyter, New York, 1978, p. 19)

(٤) نهاية العالم: من وجهة نظر الفيزياء الرياضية " The end of the world: From the Standpoint of mathematical physics" لـ: أ.س. إدينجتون "A.S. Eddington". (Nautre 127, 447, "1931").

(٥) ما الحياة؟ "What is Life ?" لإيروين شرودنجر.

(Cambridge University Press, Cambridge, 1944, p. 81).

(٦) فكرة المقارنة بين الأنطروبيا لاثنين من العضويات تعتبر فعليًا فكرة غامضة. ويمكن إعطاء تقويم أدق من خلال مصطلحات التعقيدات النسبية لتركيبهما الجينى. وهو ما يمكن التعبير عنه كميًا بما يسمى الأنطروبيا الحسابية نظام العد العشرى (انظر الفصل الرابع). والأمر حينئذ أن العضويات الأعلى لها أنطروبيا حسابية أعلى (وليس أكثر انخفاضًا)، وفى ظل ذلك لا يتصادم مع القانون الثانى على أى حال.

(٧) نُشرت النسخة الألمانية فى (Populare, Leipzig, 26, 1905) ويمكن الاقتباس من الترجمة الإنجليزية: التفكير فى «التعقيد» «Thinking in Complexity» لكلاوس مينزر **Klaus Mainzer**.

(Springer-Verlag, Berlin 1994, p. 82).

(٨) النظرية الرياضية للاتصالات "**The Mathematical Theory of Communication**" لـ: س. إى. شانون "**C.E. Shannon**" ودبليو. ويفر **W. Weaver**.

(University of Illinois Press, Urbana, 1949).

(٩) ربما يكون القارئ متشككًا حول كيف يمكن قيام «اختيار» مثله مثل مقدمة للمعلومات، ولكن المعلومات فى معناها الأعرض هى مجرد إقصاء للإمكانيات. وإذا كانت لنظام فيزيائى حالة إمكانية واحدة، فإننا لن نعرف شيئًا من خلال البحث فيه. والمزيد من الإمكانيات هناك، هى أن ما نعرفه أكثر باكتشافه هى الحالة الفعلية. والاختيار الطبيعى يقضى على العضويات غير المناسبة، ويختار فقط نظامًا جينيًا معينًا عبر إمكانيات كثيرة جدًا. وكل الإمكانيات الأخرى يتم إقصاؤها. وهذا يعادل إضافة معلومات للنظام الجينى.

- والدور المفتاح لمفهوم المعلومات على جميع مستويات الحياة – بدءًا بالجزيئات خلال الخلايا إلى حتى الأدمغة – مشروح بشكل شفاف ومشرق فى: وسيلة اختبار الحياة «**The Touchstone of Life**» لـ: ورنر لوينستين **Werner Lowenstein**.

(Oxford' University Press, Oxford, 1949).

(١٠) بعد استنتاج النظام المتسلسل للإنسان، أصبح واضحًا أن ١٠٠,٠٠٠ جين هو بالأحرى تقدير مبالغ فيه.

(١١) التطور من الجزيئات حتى الإنسان «**Evolution from Molecules to Men**» والذى أشرف على تحريره د.س. بندال «**D.S. Bendall**».

(Cambridge University Press, Cambridge, 1983, p. 127).

(١٢) خاصية «الطريق الخطأ» للجانبية يقترب فى ارتباطه بحقيقة أن طاقة الجانبية هى طاقة سلبية.

(١٣) العقل الجديد للأباطرة "The Emperor's New Mind" لـ: روجر بنروز "Roger Penrose" (Oxford University Press, Oxford 1989) وظلال العقل "Shadows of the Mind" (Oxford University Press, Oxford 1994).

(١٤) حياة الكون "The Life of the Cosmos" لـ: لى سمولن "Lee Smolin".

(Oxford University Press, Oxford 1997, p. 159).

(١٥) للقارئ الذى يرغب فى المزيد من المعرفة حول «لا موضوعية الكم» وخواصه الشاذة. انظر على سبيل المثال: الشبح فى الذرة "The Ghost in the Atom" لـ: بول دافيز "Paul Davies" (المؤلف) وجوليان براون Julian Brown.

(Cambridge University Press, Cambridge 1986).

(١٦) لمزيد من التفاصيل حول كيف تُقيّم مثل هذه الحالات التناقضية، انظر: حول الزمن "About Time" لبول دايفز (Viking London, 1995, Chapter 11).

الفصل الثـــالث

الخـــروج من الوحــــل

«إنك تعبر بدقة عن وجهات نظرى عندما تقول إننى تركت جانبًا، وعلى نحو متعمد، السؤال عن أصل الحياة، مفتقدًا للفحص الدقيق، كمـا لو أنه معادل لفيروس فائق فى مجال معرفتنا الحالية».

تشارلز دارون

Charles Darwin[(1)].

كان المرحوم الإيرل مونتباتن عن بورما **Earl Mountbatten of Burma** ابـن عم الملكة إليزبيث الثانية مغرمًا بدعوى استطاعته تعقب سلالته الملكية إلى ما وراء العام ١٠٦٦، أى إلى ما قبل هزيمة النورمان **Norman**. ولعله أمر يثير الإعجـاب والعجـب على مستوانا جميعًا كمراقبين خارج الأمر أو كأفراد من العامة، وهل تفعل أنـتَ غيـر ذلك؟

إن ألف عام من التاريخ تشمل ما يقرب من ٤٠ جيلاً. والمعروف أن كـلاً منا له والدان، وأربعة جدود وثمانية آباء جدود، وكلما عدنا جيلاً إلى الوراء، فـإن رقم الأسلاف يتضاعف. وباستخدام هذه القاعدة، فيبدو أن ٤٠ جيلاً سـوف تـضع أمامنا $٢^{٤٠}$، أو ما يقرب من تريليون من الأسلاف. وهذا الرقم يربو على عدد من عاشوا على الأرض منذ البداية، وحتى الآن وعليه يكون ثمة شيء خطأ فى العملية الحسابية.

والخطأ يكمن فى افتراض أن أسلافنا من البشر قد استمر انتشارهم فى الأرض على مدى الماضى طوال الوقت، كما تقترح أشجار النسب تلك. إلا أن الواقع يقول إنك عند تعقب شجرة نسب فى الماضى، فستجد أن خطوط الناس تتقاطع مع بعضها عند نقاط بعينها وأنها تعاود التقاطع مرة أخرى. وعليه فإن الجينات والدماء الملكية تنتشر وتصب عبر القارة، مما يجعلنا جميعًا أولاد عمومة بعيدة (أبناء عمومة دائرة كما نعبّر عنها فى مصر: المترجم)، وإننى أيضًا تجرى فى عروقى دماء ملكية، ولست محتاجًا لمثل الإيرل مونتباتن إلى توثيق المسألة والبرهنة عليها.

ومن خلال مزيد من الأفكار حول أشجار نسب العائلات نصل إلى نتيجة تظل غريبة، ليس فى أن الأنساب لم تنتشر بانتظام طوال الماضى، ولكن فيما يظهر أنها عند نقاط معينة من التاريخ بدأت فى التقارب والتجمع. ولعلنا نلاحظ أنه منذ مائة ألف سنة مضت لم تكن على سطح كوكب الأرض إلا حفنة من الـ «هوموسابينز» (الإنسان العاقل)، والذين انحدرت عنهم البشرية القائمة الآن كلها ومن دون استثناء. ونستطيع أن نقدر تلقائيًا أن تنتهى كل التجمعات القائمة لسلف واحد هو ذلك البدائى الشبيه بالإنسان (وبالنسبة لمرجعية النساء على هذه الشجرة، فإن هذا السلف الواحد بالنسبة إليهن، قد يشار إليه من خلال حواء أفريقية **African Eve**، حيث يبدو قريبًا للظن أنها عاشت هناك). وما هو أكثر من ذلك أن ما يصلح للبشر ينطبق بدوره على الأنواع الأخرى. ولبضعة ملايين من السنين قبل أن تبدأ حواء الأفريقية بأولى خطواتها عبر سهول السافانا الأفريقية قليلة الأشجار وقتئذ، فإن سلفًا مألوفًا لكل القرود والبشر سكن فى أماكن ما من الغابة الأفريقية. وهكذا بالعودة إلى الوراء إلى ما هو أبعد من الزمن، ستجد الأنواع على اختلافها تقيم علاقات تبادلية وبما يتناقض بما هم عليه الآن من تحديدات وتمايزات. بشكل واضح. ومن نصف بليون سنة مضت كانت إحدى الأسماك تمثل سلفًا لى، ومنذ بليونين من السنين كانت أسلافى مجرد ميكروبات.

ويمكن توظيف مثل هذا التسبيب في كل الكائنات الحية بما فيهـا الـشجيرة القائمة خارج مكتبي، والعصفور المتقافز عند شباكي إلى حتى «الفطر» (المشروم **mushroom**) النابت فوق المرجة المخضرة خارج المكتب. لأننا لو استطعنا تعقب شجرة أنسابهم لدرجة كافية في الماضي البعيد، فسنجد أن أنواعهم المنفصلة تلـك، ستتشابك في النهاية مُشَكِّلة متصلاً واحدًا. ونحن يمكننا تـصور أو تخيـل شـجرة نسب لكل ما هو حي في يومنا هذا، أي نوع من شجرة نسب فائقة. وبصفة مطلقة، فإن أفرع هذه الشجرة الفائقة لا بد أنها ستتقارب أيضًا ليس فقط بدرجة قليلة، ولكن بدرجة كبيرة كلما ضاقت المسافة بين الفرع والساق الرئيسية للشجرة. وهذه الساق القديمة تمثل كائنًا عضويًا واحدًا وبدائيًا، أعني السلف العام لكل الحياة الأرضـية: آدم ميكروبي الطابع، والذي تشكل مصيره في تعمير الأرض وتأهيلهـا بالـسكان عبر ذرية من عدد وافر عصيّ على الإحصاء من الأخلاف[٢]. ولكن كيـف لهـذا الكائن العضوي الصغير الذي أثمر بلايين الأنواع من الذراري، أن يتواجـد فـي الأصل؟ وأين عاش؟ ومن الذي كان قبله؟

شجـرة الحيــاة:

حول ربيـع وصـيف العـام ١٨٣٧، وفـور عـودة تـشارلـز دارون **Charles Darwin** من رحلـته الـشهيرة علـى المركب هـ. م. إس بيـجل **HMS Beagle**، شرع في تشكيل وتأليف ما توصل إليـه والـذي أصـبح بعـدها النظرية المنسوبة إليه والخاصة بالتطور. وحول منتصف يوليو كانت أفكار دارون مازالت مبعثرة ومزاجه العام مضطربًا في تلمس الطريق. وفي وسط العديد مـن ملاحظاته التي سجلها في دفتر ملاحظاته والتي اتسم أغلبها بالتردد والانفعالية، إنما كان من بينهما كروكي تجريبي بسيط، والذي تبين وعلى نحو مفاجئ، أنه يـشمل للفكرة المحورية، التي بدأت تتبلور في ذهنه، التي كسحت أمامها بقية الأفكار. كان الرسم الذي وضعه لشجرة لها عديد من الأفرع الشاذة، ولكنها موحية بأنها سـتتقل

لنا تاريخًا كاملاً لتسلسل نسب المزروعات والحيوانات: شجرة الحياة[٣]. وبشيء من المجاز فقد كانت بالفعل رائعة حيث نقلت لنا الفكرة الضرورية والأساسية في تأصيل الحياة عبر الماضي البعيد المعتم والغامض من خلال واقعة عضوية وفريدة. ومن خلال هذا السلف الوحيد العام والمشترك – ساق الشجرة – انقسمت الحياة وتنوعت خلال أزمنة طويلة، وعبر تفرع ناجح وأنواع جديدة تمخضت عن أنواع أقدم. ونهاية الأفرع مثلت انقراض وزوال بعض الأنواع، مثل الديناصورات وطائر الدودو "dodo"(*).

ووجود مثل هذا الجذع الرئيسي أو ساق الشجرة هو نوع من التخمين، لأن دارون لم يكن محبًا للأفكار المفرطة التعقيد ! حول استمرارية ظهور الحياة، منشئة غابةً متشابكةً من الحياة بدلاً من شجرة وحيدة. واليوم يعتقد البيولوجيون أن تخمين دارون كان صحيحًا بشكل أساسي: الحياة على الأرض انحدرت من سلف واحد وعام.

والذي يجعلهم متأكدين على هذا النحو، ثمة عدة أسباب جيدة للاعتقاد بوحدة وعالمية السلف. وفي البداية نجد أن كل كائن عضوي معروف يشترك مع الآخرين في نظام فيزيائي وكيميائي عام. الطريقة الأيضية لدى الخلايا وكيف تنمو، وما الذي يفعله كل جزيء ومتى؟، وكيف يتم تخزين الطاقة ثم إطلاقها؟ ومتى يتكون البروتين **proteins** وما دوره؟؛ كل ذلك يتم بنفس الطريقة تقريبًا لدى الجميع. وكذلك الطريقة التي تسجل بها الخلية المعلومات الجينية. ثم إعادة إنتاجها أيضًا من بين المشترك العام لدى الأحياء. وربما يكون أكثر الأدلة إقناعًا بوحدة الأصل وعموميته، هو أن التعليمات الجينية يتم تنفيذها عبر كود عالمي (انظر الفصل ٤). بل يصبح بعيدًا جدًا عن التصديق بأن كل هذه السمات المعقدة وذوات التخصص العالي الدرجة قد بزغت للوجود منفصلة عن بعضها على مرات كثيرة. وإنما الأكثر قربًا للتصديق هو أن هذه الخواص تمثلت في الخلية العالمية القديمة والموروثة لدى الأخلاف الحالية.

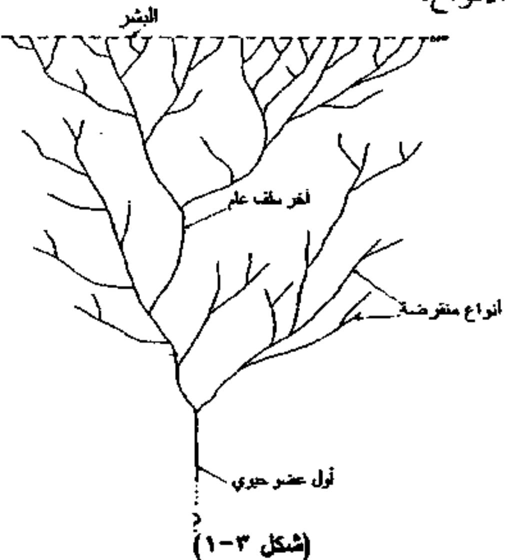
(*) طائر منقرض من فصيلة الحمام، ولكنه من حيث الحجم يفوق حجم الديك الرومي. (المترجم).

ويأتي دليل آخر على عمومية ووحدة السلف، وهو هذا التدبير الصنعي للجزيئات في إدارة شئونها والمعروف فنيًا بالاقتصاد (لا زيادة ولا نقصان) والـ: "chirality"(*). فكل الجزيئات العضوية ليست على نفس النظامية في شكلها، حيث تعكس صورتها عبر المرآة (فرضًا) تبدو مختلفة كاختلاف اليد اليسرى عن اليد اليمنى (إذ لديهما ما يمكن تسميته: «عكسية الاقتصاد» الذى عنيناه " opposite chirality"، فالدنا DNA تلتف في شكل حلزوني أو اتجاه يميني، بينما صورتها المرآوية كأنها التفاف حلزوني متجه لليسار. ومع ذلك، فإن القوى التي تجمع هذه الجزيئات مع بعضها لا تفرق بين اتجاه يميني أو يساري لها، فلا قانون الطبيعة قد منع جزيء دنا يساري الوجهة من القيام بدوره، ولا أحد وجد حتى الآن أيًا منها عاطلاً عن العمل. وبالمثل، فإن كل الجزيئات العضوية تحوز الخاصية نفسها الـ: chirality، سواء يمينية الاتجاه أو يساريته، وهذا ينطبق على كل الأشياء الحية، وهو ما يشير بدوره إلى أن الحياة تحدّرت عن خلية واحدة كسلف لها، وتشتمل جزيئاتها على نفس الخاصية المشار إليها والموجودة إلى اليوم.

ومن المهم ألا يختلط علينا الأمر بين هذا السلف العمومي وأول شيء حي. ولتوضيح هذه النقطة، فإن الشكل (٣-١) يظهر مدى التشكل التخطيطي الطابع للحياة، كما تبدو لنا اليوم، وحيث يمكنك البدء من أى مكان مع فرع من الأفرع ثم تعقب جذوره، وحتمًا ستصل إلى الجزع أو الساق الرئيسية. ولاحظ أن معظم الأفرع الأكثر انخفاضًا تمثل الحياة الأكثر قدمًا من ناحية خط النهاية. ومن ناحية الحقيقة، فإن أكثر من ٩٩٪ من كل الأنواع، التي سبق أن عاشت، قد اندثرت الآن وانقرضت. وإذا ما بدأت بقمة الشجرة (والتي تمثل الحياة اليوم) وتتبعت الأفرع إلى أصولها المتأخرة العامة، وهى نقطة يمكن أن تضللنا، فإنك لن تجد قاعدة الفرع متصلة بالجذع الرئيسي على الإطلاق، ولكنها فوق وأسمى من الأفرع الأدنى. وهذه الأفرع الدنيا تمثل الأنواع المنقرضة والتي تحدّرت عن أصول انقرضت بدورها. وعلى الجملة، وعلى نحو حرفي يمثلون النهايات الميتة في شجرة الحياة.

(*) وهذه الكلمة تستخدم كصفة للجزيء وتعنى أنه لا يفرض انعكاس صورته فى المرآة. (المترجم).

ومعظم هذه النهايات الميتة كانت بلا شك كائنات تشبه الحياة الباقيــة حاليًّــا من حيث حالتها البيوكيميائية. ومن المفهوم أيضًا، أن بعض الخلايا كانت تــستخدم عمليات دخيلة أو غريبة والتى لا تعثر لها على مثيل فى أى نوع حى حاليًا. وعلى سبيل المثال فربما وُجدت ميكروبات توظف شفرة جينية مختلفة. وربما وَجدتْ هذه الأنواع الغريبة أنها فى حالة تنافس مع نوع حيواننا، وربما تم دفعهــا للانقــراض لأنها كانت أقل كفاءة فى التأقلم. ومن الممكن ألا تكون كلها قــد ماتــت بالكامــل. وربما تزل أقدام البيولوجيين يومًا ما، عبر ميكروبات غريبة فى بيئة غير عاديــة فى مكان ما على الأرض، أو على المريخ، والتى يمكن أن تكون أحياء باقية مــن واحد من الأسلاف التى تمثلها الأفرع الأدنى فى شــجرة الحيــاة. وهــذا العــالم الميكروبى المفقود ربما سيعطى العلماء فرصة هائلة لدراســة عمليــات الأيــض والجينات فى تلك الأنواع.



(شكل ٣-١)

شجرة الحياة على نحو بالغ التبسيط، حيث نجد جذع الشجرة ممثلاً لأول شيء حى، وتمثل أيامنا الحالية الأفرع القمية فى الشجرة والتى من بينها الكائنــات البشرية. والأصل المشترك العالمى للحياة الباقية بعد، يقع فى منتصف الشجرة تقريبًا عند بداية شكلها الشبيه بالشوكة، والذى يصل بين أفرع الشجرة العليــا.

أما الأفرع السفلية، فهى تمثل الكائنات العضوية التى لم تبق لها أسلاف حية. والرسم على النحو الموضح قد بالغ فى أعداد الأنواع البعيدة فى مقابل ما بقى حيًا من أنواع.

وبطريقة تثير الفضول، ربما تحتوى عمليات الأيض (تمثيل الطعام) لدينا على بقايا غير ضارة لنظام بيوكيميائى بديل، نبذته أسلافنا منذ أمد طويل، ولكن استبقته بطريقة مقدرة حتى الآن، بعض العضويات الحية المنقرضة. وإذا كان الأمر كذلك، فستكون أجسادنا مشتملة على ذكرى خابية للحياة البديلة والتى انقرضت منذ بلايين السنين. وهذه الفكرة ليست تأملية على نحو ما تبدو عليه. فكثير من الخلايا (بما فيها خلايانا) تحتوى على وحدات إضافية معروفة باسم ميتوكوندريا "**mitochondria**"(*). ومن المعتقد أنها بقايا آثارية لميكروبات كانت مستقلة ثم غزت الخلايا لتقتلع ضيافتها الدائمة، وهى عملية تعرف بالتكافل أو التعايش بين مُتَعَضِّيَيْنِ غير متشابهين "**symbiosis**".

ولترى كيف يتم مثل هذا التعايش، تخيل معركة تقليدية بين الباكتيريا، سوف تهاجم الميكروبات آكلة قريناتها من دون شفقة، كما بين أسماك القرش والأسود فى معركتهما من أجل البقاء. ومع ذلك فعلى مستوى الباكتيريا، فإن عمليات الهضم تتناظر مع عملية العدوى: (أ) ينتهى داخل (ب) فإذا ما انتصر (ب) ومات (أ)، فنحن نسمى هذا غذاءً وإذا ما انتصر (أ) وهلك (ب) نسمى الأمر عدوى. ومع ذلك فقد يحدث أن (أ، ب) يصلان إلى موقف يحرج فيه كل منهما الآخر كما يحدث فى حالة وضع الشاه (الملك) فى مباراة شطرنج فى موقف حرج تمهيدًا للقضاء عليه، ومن ثم يتوافقان على أن يبقيا معًا فى حياة متكافلة، ليوفر كل منهما ما يفيد الآخر. وثمة حالات عديدة من هذا التكافل فى الطبيعة مثل الحيوانات أو النباتات التى نسميها بالطفيلية "**parasites**". ونحن لن نحتاج للنظر إلى أبعد من نظامنا الغذائى

(*) وهى عبارة عن مكونات دقيقة داخل الخلية تأخذ الشكل الكروى أو العصوى وتعد من المراكز المهمة لتوليد الطاقة الناتجة عن أكسدة المواد الغذائية ومفردها «متقدرة» "mitochondrion" (المترجم).

الذى يعج بحشود كبيرة من الباكتيريا تساعدنا فى هضم الطعام وتمثيله. وفى الوقت نفسه تنعم هى بحياة جيدة. نحن إذن لا يمكننا أن نستمر فى الحياة من دون الميتوكوندريا التى تقوم بدور الوحدات المنشطة للخلايا.

هذا، والنظرية الخاصة بأن هذه الميتوكوندريات كانت فى السابق كآفات عضوية مستقلة، يمتد عمرها لقرن من الزمان، ولكن أثيرت من جديد لتتصدر الموقف فى أخريات الستينيات من القرن الماضى بمعرفة لين مارجوليس **Lynn Margulis**. وطبقًا للنظرية فقد استهلت حياتها، مستخدمة نظامها الأيضى وإعادة الإنتاج، على نحو مسالم مع الخلايا المضيفة. ومع تقدم الزمن فقد اقتضى التطور أن يسلبها الكثير من استقلالها الأصلى، ورضخت أنشطتها لصالح الخلية المضيفة، ومع ذلك احتفظت الميتوكوندريات ببعض من مادتها الجينية كذكرى خافتة لاستقلالها السابق.

ومنذ طبعت لين مارجوليس نظريتها، تنامت الأدلة المعضدة لها. والآن يبدو أن الميتوكوندريات ليست وحدها فى هذه الخاصية، فهناك غيرها يعيش داخل الخلية من تلك الكائنات الأنبوبية الشكل **microtubules**(*)، والزوائد الشبيهة بشكل السوط **whip-like flagella**(**) وغيرها، وكذا فإن النقاط الملطخة للأغشية التى تحمى الخلايا من التسمم الأكسجينى، يمكن اعتبارها كآثار ضئيلة متبقية من غزو الباكتيريا. وفى النباتات الخضراء، فإن الأجزاء منها المحتوية على الكلوروفيل، والتى تقوم بالدور الحيوى فى عملية التمثيل الضوئى (المقابلة للأيض فى المملكة الحيوانية)، يمكن بدورها أن تكون مُتحدِّرة عن الباكتيريا المعروفة بلونها الأزرق الداكن **cyanobacteria**. وعلى ذلك فإن بعض أفرع شجرة الحياة ربما تنتهى إلى خلط حياتها مع آخرين عوضًا عن أن تصل فى النهاية إلى فرع ميت أو منقرض.

(*) بنية أسطوانية الشكل (أو أنبوبية) تتواجد من مادة كثير من الخلايا، ويزداد عددها أثناء فترة انقسام الخلايا، كما يشكل عدد محدد منها ما يعرف بالأهداب الخلوية (المترجم).

(**) مستفيد هدبى يوجد فى أهداب أو ما يعرف بسياط الجراثيم المهدبة. (المترجم).

الميادين الثلاثة للحياة:

عندما كنت في المدرسة، علمونا أن الأشياء الحية تنقسم إلى مملكتين كبريين: مملكة النبات ومملكة الحيوان. ولكن بعض الكائنات وحيدة الخلية كالأميبيا **amoebae**، فقد كان ينظر إليها كأشكال بدائية متخلفة وغير متطورة من الحيوانات، ومن المنظور نفسه كانت الطحالب أيضًا تعتبر نباتًا بسيطًا. كما لم يكن يتم تشجيع أى تساؤلات حول الباكتيريا. وللأسف فقد تم تضليلنا. وفي عام ١٩٣٧ قُدِّمت لنا خطة أفضل، حيث قسمت الحياة إلى مادة وراثية غير محاطة بغشاء نووى يحميها وتعرف باسم بروكاريوت **prokaryotes**، وأخرى محاطة بهذا الغشاء وهى الأعلى تطورًا وتعرف باسم إيكاريوت **"eukaryotes"**(*). والأولى منها تكون صغيرة بالنسبة للكائنات العضوية وحيدة الخلية التى تفتقد جزيئات الخلية وبعض البناءات الأخرى المعقدة. إنها تشتمل على الباكتيريا وتقوم الإيكاريوتات بباقى العمل. ولكن ماذا عن تكوينات تتألف فما هو أكبر وأكثر تعقيدًا ككائن عضوى وحيد الخلية مثل الأميبيا، بالإضافة لكل الكائنات متعددة أو كثيرة الخلايا، والتى يمكن التفكير فيها كمستعمرات لخلايا الإيكاريوتات. ولو أن تكاثر متعددات الخلايا لم يبدأ إلا منذ حوالى ٦٠ مليون سنة، لقد مهدت تلك الإيكاريوتات الطريق إليها فى وقت أبكر من هذا.

(*) وقد أُستخدم هذا المصطلح prokaryote لأول مرة بمعرفة العالم الفرنسى شاتون للدلالة على خلايا ذات مادة وراثية لا يحميها غشاء نووى، وجينات المادة الوراثية فى هيولى الخلية. وتقابلها أنوية ذات تطور عالى الدرجة وتكون مغلقة بأغشية نووية تحمى المادة الوراثية بداخلها وهى التى يسبق تسميتها الحرفان eu، ويعنيان عند استخدامهما فى بداية الكلمات «الأفضل» أو «الأحسن». (المترجم).

إن الشجرة الموضحة بالشكل (٣-١) تخطيطية بالكامل، ومن حسن الحظ أنه يمكن عملها بوجه كمى آخر للمسألة حيث تظهر الفروق الجينية بين الأفرع. وذلك لأن الخلية عرضة لكى تنسخ أخطاء فى وقت إعادة الإنتاج، ومن الناحية المبدئية فإن الخلايا المتشابهة من الناحية الجينية، ربما تندفع بعيدًا عن تلك الأخطاء وذلك إلى حين تأخذ عملية التحوير أو التبديل فى الإحياء العضوى، طريقها للاستكمال عبر تتابع الزمن، فإذا ما تمت عملية التحور، فإن نوعًا جديدًا يظهر. وكقاعدة عامة، فإنه كلما كبر عدد التغيُّرات بين نظامين من الجينات، بَعُدَ وضع النوع فى شجرة الحياة. فعلى سبيل المثال تتشابه جيناتك بالتأكيد مع ما لدى من جينات، ولكنها أقل تشابهًا مع تلك التى لدى القرود، وتظل أقل بالنسبة لما لدى السلاحف، وكذا ما لدى حبة البازلاء من جينات. والفروق بين تركيبات أو تشكلات الجينات من الممكن قياسها بدرجة من الدقة من خلال تقنية تراتب البروتين فى الخلية، وأيضًا عبر الحوسبة الكمبيوترية والنسبة بين المواضع فى شجرة الحياة.

ومن الممكن مقارنة الإجراء نفسه مع دراسة تطور اللغات، فعندما استقر مقاتلو الفايكنج **Vikings** فى أيسلند **Iceland** ظلوا فى البداية يتكلمون بلغة أجدادهم الإسكندنافيين، ومع الوقت وقلة اتصالهم بباقى الأراضى الأوروبية، تأكد تحول أيسلند إلى تلك اللغة، حتى أصبحت الآن معتبرة كلغة منفصلة بذاتها، وأن ذلك يعتبر حقًا لها. ولكن لو عُدْتَ للخلف خمسمائة عام، فإن الفروق لم تكن كبيرة. ودرجة التشعب أو الاختلاف بين اللغتين تعطينا مقياسًا يدلنا على أى مدى تطورت كل من الأمتين بشكل مستقل عن الأخرى.

وقد أجريت دراسة منذ ٣٠ عامًا بشأن البروتين المسمى «سيتوكروم س.»[*]: **"cytochrome C."** والذى يستخدمه العديد من الكائنات العضوية بما فيهم البشر. وكما سأصف الموضوع تفصيليًا بعد قليل، فإن كل البروتينات تتكون من

(*) وهو أحد أفراد عدد كبير من الأصبغة الحيوية الواسعة الانتشار فى الأنسجة الحيوانية والنباتية والتى تلعب دورًا مهمًا فى عمليات الأكسدة وتعنى الإلكترونات. (المترجم).

وحدات جزيئية تسمى الحامض الأميني "amino acids"، والسيتوكروم C يتكـون من مادة متنوعة إلى عشرين نوعًا منها تقريبًا. وبمقارنة تراتبات الحامض الأميني في السيتوكروم C المأخوذ من أنواع مختلفة، فإن تقديرًا يمكن إنشاؤه حـول مُـدَد التطور التي ارتحلت من نوع إلى آخر. ولكـي أعطيـك مثـالاً متماسـكًا، فـإن السيتوكروم C البشري يتماثل مع قرينه المأخوذ من الريض "rhesus" (وهو قـرد هندي قصير الذيل: المترجم)، في ما عدا نوع واحد من الحامض الأمينـي، فـي الوقت الذي يوجد فيه ٤٥ فرقًا بين البشري منه والمأخوذ من القمح. الكل تقريبًـا يعلم بأننا البشر أكثر انتسابًا للقرود، بالمقارنة مع انتسابنا للقمح، وهذه الدراسة التي تحدثت عنها تطلعنا إلى أي مدى يكون ذلك. والنقطة المهمة في الأمر أنه، ولو أن ثمة فرقًا كبيرًا بيننا وبين القمح، إلا أننا نشترك معه بدرجة كافية. وبالنسبة لبنـاء جزيئات السيتوكروم C، فهي تؤكد أن لنا في البدء سلفًا مشتركًا.

وبشكل عام، فكلما ابتعد نوعان من الناحية الجينية، أعني بهذا أنهما انقـسما وتم تحولهما منذ أمد طويل في إطار شجرة الحياة. (ومن سوء الحـظ أن عمليـة التحول التطورية هذه تستغرق آمادًا طويلة مـن الـزمن)، وطالمـا أن الإحيـاء العضوي لا يقع بشكل له هيئة أو ترتيب معين في التاريخ. فإن تحديد وقائع بروز الأفرع، هو من قبيل الأمور الصعبة.

وفي أواخر سبعينيات القرن الماضي أجريـت أبحـاث وطبقـت بأسـلوب منظومي على بروتين والحامض الجزيئي لميكروبات بعينها، كما خـضعت لهـا أنواع أكثر تعقيدًا ومن رتب أعلى. وكان في مكان الريادة بين الباحثين فـي هـذا المجال كارل وويز **Karl Woese** من جامعة الينويز **Illinois**، إلا أن أبحاثـه لـم تترك إلا أثرًا قاصرًا أو قليل الأهمية. وكان البيولوجيون قبله، قد افترضوا بـشكل طبيعي أن البروكاريوتات قد فاقت في أهميتها الإيكاريوتـات لعـدة بلايـين مـن السنين، وأن هذا الوضع يجعل الأولى في مجال الزهـو لانتـسابها إلـى الـساق الرئيسية لشجرة الحياة المعروفة لنا. والاثنان معًا بشكل أساسي قد اعتراهما خلـل

ما. إلا أنه وجد أنه ليس ثمة اثنتان من مجالات الحياة، وإنما ثلاثة كبار. وهو ما عرف فيما بعد على أن البروكاريوتات تطوق مستويين متميزين عن بعضهما، من حيث التركيب الجينى للخلايا، مطلقًا عليها اسم. «إيباكتيريا» **eubactria**[*] وأرشى باكتيريا **archae bacteria**[**]. ومن قبل كارل فقد صنفت الأرشى باكتيريا، على نحو خطأ، على أنها نوع غريب من سلالات الجراثيم. إلا أن كارل أظهر لنا أنه على الرغم من مظهر الأرشى باكتيريا المضلل باعتبارها تشبه الجراثيم، فإنها بمصطلحات الكيمياء العضوية مختلفة تمامًا، كما يختلف الإنسان عن الديدان المعروفة باسم إى-كولى **E.coli**[***].

هذا، واقترحت أبحاث كارل أن تعاد تسمية المجالات الرئيسية للحياة:

١. أرشيا **archaea** (وهى تفيد أن شيئًا فى بداية تشكله أو قديم – المترجم).

٢. باكتيريا **bacteria** (الجراثيم).

٣. إيكاريا **eucarya** (وتعنى النواة أو الخلية السوية بلا نقصان أو تزيّد فى تركيبها – المترجم).

وقد انشطرت بعيدًا عن بعضها منذ أكثر من ثلاثة بلايين من السنين، ومن ثم فإن هذا التشعب الثلاثى الأفرع فى شجرة الحياة قديم وعميق فى التاريخ، وربما وقع بعد بدء الحياة بقليل (انظر الشكل ٣-٢). وهذا هو الذى أبرز فورًا أهمية السؤال الذى لم يتم حله بعد عن كيف لهذه المجالات الثلاثة أن تموضعت على شجرة الحياة؟، وأيًا منها كان الفرع الأسبق من غيره؟ وكان من أبرز الأدلة فى

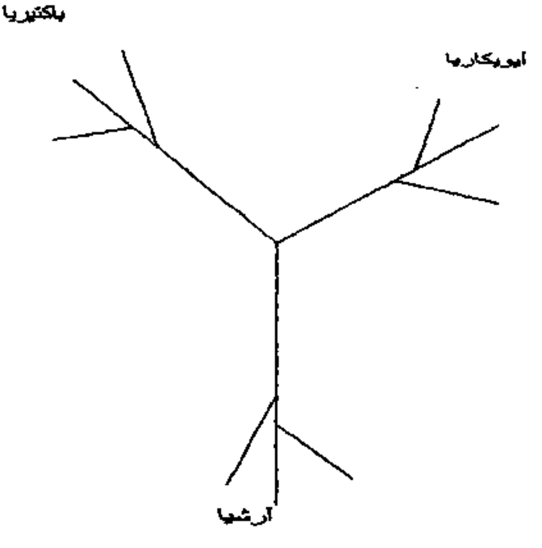
(*) رتبة من الجراثيم تتألف من خلايا بسيطة غير متمايزة كروية أو عصوية الشكل.

(**) جراثيم بدائية أو فى بداية تشكلها قديما.

(***) واسمها الكامل escherichia coli ومسماة لدينا «إسكاريس»، وهى واحدة من بين ديدان عديدة تعيش فى أمعاء الثدييات، ولأنها تتكاثر عن طريق الانقسام البوغى فهى وافرة جدًا (تتراوح أعدادها فى الغائط اليومى الآدمى ما بين ١٠٠ بليون و ١٠ تريليونات) ويكفى فى القضاء عليها وتثبيط تكاثرها الغليان البسيط أو البسترة (التعقيم)، وهى تتكاثر فى الأماكن الدافئة وتنمو فيها. (المترجم).

هذا المجال ما نتج عن أبحاث كارل ستيتر "Karl Stetter" من جامعة ريجنسبرج "Regensburg" بألمانيا، وكل من نورمان بيس "Norman Pace" وسوزان بارنز Susan Barns من جامعة أنديانا[٤] "Indiana" اقترحوا: برسمٍ إيضاحيٍ، كالذى يبدو بالتقريب فى شكل (٣-٢).

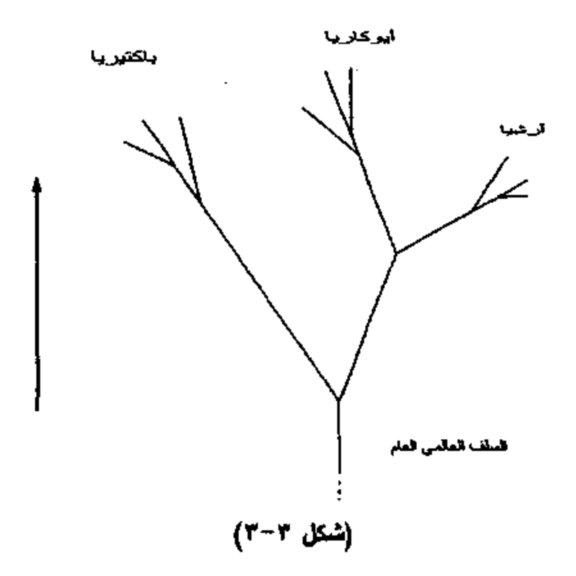
وليس لدى البيولوجيين أى شك فى أن مجالات الحياة الثلاثة يجمعها فى الأصل سلف واحد. وبالرغم من الانقسام الحالى بين المجالات الثلاثة، فإن الطابع الجينى وأدوات أو أجهزة التمثيل الغذائى هى نفسها، كما يتشاركون فى كثير من التخصصات المعقدة. ومن هذا يتضح أن الأصل العام لها جميعًا كان كائنًا عضويًا غاية فى التعقيد، وليس جوهرًا بدائيًا ظهر للوجود مؤخرًا. ولقد أشرت فى الفصل السابق إلى أن هذا السلف العام ليس هو أول من كان حيًا. وإذا كان هذا الأخير على صلة ببث الحياة للمجالات الثلاثة، فلا شك سيكون موقعه عند القاعدة الحقيقية لشجرة الحياة.



(شكل ٣-٢)

تقنية التتابع الجزيئى تظهر أن الحياة الأرضية تنقسم إلى ثلاثة مجالات متميزة عن بعضها البعض، كل جزيئات الكائن العضوى، هى بالتحديد تابعة لمجال الإيكاريا "eucarya"

هذا وقد أحدثت تقنية تعاقبية الجزيئات ثورةً في مجال دراســة الميكروبــات، كما سلطت الضوء على غوامضَ جديدة بشأن بدايات الحياة. ومن تأثيراتها مــثلاً أن جعلت ثمة فائدة للأحفورات الجزيئية الكامنة في الخلايا الحية. كما تشير النتائج إلـــى امتداد تاريخ المجالات الثلاثة للحياة مع أعمق تفرعات في الأنواع، والتـــي وقعـــت عبر الثلاثة بلايين سنة الماضية، وكيف وقع هؤلاء الباحثون وما وجدوه، في خانـــة أو ساحة الأساليب التقليدية في النظر في أحافير الصخور القديمة.



(شكل ٣-٣)

أحد التحديات الكبرى لعلم الميكروبيولوجي يتمثل في موضعه أصل شجرة الحياة في اتصالها بالتشعبات الثلاثة التي رصدها مخطط الشكل (٣-٢). فـــي الـــشكل عاليه فإن السلف العام (المشترك) يقع في مكان ما بين الباكتيريا والآرشي.

أقـــدم أحفورة صخرية:

تعتبر منطقة البلبارا **Pilbara** في غرب أستراليا واحدة من أعلى مناطق العالم حرارة، وأكثرها انعزالاً، وأقلها من حيث الكثافة السكانية. وعلى بعد حوالى

٤٠ كيلومترًا غرب مدينة ماربل بار **Marble Bar** يــقع المســمى خطأ «السمات الجــيولوجية للقطــب الشمالى» **geological feuture of North Pale**. وفى المنطقة الحافلة بالهضاب من هذا الموقع وفى عام ١٩٨٠، اكتشف طالب الجيولوجيا جون دنلوب **John Dunlop** أقدم أحفورة صخرية معروفة فى العالم. وبداية: فإنها لم تكن تشبه كثيرًا الأحفورات. لا توجد هنا أصداف حجرية متبقية من بعض الرخويات المنقرضة ولا واحدة من المفصليات المنقرضة ثلاثية الفصوص، وإنما فقط بعض الهضاب الركامية الغريبة. وهذه البناءات تشكلت حين ضمت الباكتيريا المائلة للزرقة جدائل من الحبوب المعدنية، تراكمت على بعضها طبقة فوق طبقة مشكلة سلسلة من الأكمات شبيهة بالوسائد **cushion-shaped**، وهى تماثل ما يمكن العثور عليه اليوم فى حالة تشكل على بعد ٥٠٠ كم تقريبًا من القطب الشمالى عند ما يسمى خليج القرش **Shark Bay** على الشاطئ الغربى لأستراليا(٥)، وهى أيضًا كانت قد تشكلت فى المادة التى ترسبت فى البحيرات البركانية الناجمة عن الأنهار الجليدية، والتى يُعتقد أن عمرها يرجع إلى ٣,٥ بليون سنة. وبعد عثور دنلوب على أحفورته بوقت قصير عثر فريق من الأحائيين (علماء الأحفورات الآثارية) **palaeontologists** من كاليفورنيا يقوده ويليام شوب **William Schopf** على علامات أحفورات ضخمة منفردة لميكروبات لها نفس العمر الزمنى، بالقرب من تلال واراوونا **Warrawoona**(٦). وبدت هذه الأحفورات كأجزاء رفيعة من شعيرات مطمورة فى الصخر الصوانى غير النقى **chert**، ومال الاعتقاد أو الظن إلى أنها من الباكتيريا الزرقاء المتكونة فى بحيرة قديمة أدفأتها حرارة الشمس(٧).

وبالاتجاه شمالاً من منطقة بلبارا، فإن أقرب مدينة معقولة هى مدينة دارون **Darwin**، والتى سميت باسم ذلك العالم العظيم. وكان دارون قد أصابته الحيرة للغياب الظاهر لأحفورات الفترة السابقة عن العصر الكامبريانى **Cambrian**، أى قبل ٦٠٠ مليون سنة مضت. كانت الأحفورات هناك بالفعل، ولكن قبل العصر

الكامبريانى كانت المخلوقات صغيرة لدرجة يصعب معها تعقبها وتحديد مواقعها بمعرفة صائدى الأحفورات العاديين. وحتى خبراء الأحاثة المحترفين، والذين تعضدهم الحكومة (وزارة التقنية الفنية)، لم يكشفوا إلا عن مواقع قليلة تضم أحفورات صغيرة بحجم المايكرو **micro** أقدم من ٢,٥ بليون سنة، وظلت مستمرة فى مواقعها.

إذا كان قد تم تعريف الأحفورات المتناهية الصغر التى وُجدت فى واروونا على نحو صحيح بأنها باكتيريا زرقاء، فإن ذلك يعنى أن الحياة قد اكتشفت التمثيل الضوئى **photosynthesis** مبكرًا، منذ حوالى ٣,٥ بليون سنة مضت. والتمثيل الضوئى عملية كيميائية معقدة ومميزة، حتى إن الكائنات العضوية فى واروونا كانت بالفعل لها صلة بالأمر، وأن مزيدًا من بعض السلف البدائى قد عاش طويلاً قبل هذه الفترة.

ولكن هل تركت حقًا هذه الميكروبات أى أثر لها؟

الفرصة محدودة فى العثور على أحفورات صغيرة سليمة لم يسبق مسها فى منطقة غرب أستراليا. ومن حسن الحظ أن ثمة طرقًا حاذقة ورقيقة أخرى، حيث استطاعت هذه الأحياء العضوية أن تترك بصمات لها فى الصخور: بتبدل أو تغيير التركيبة الكيميائية. وعلى سبيل المثال ما يمكن لوحدة ذات طابع **ecosystem**(*) فى منطقة بحرية ضحلة المياه وذات عمق قليل، أن ترصد ما يمكن أن تكون قد وضعته مواد عضوية فى الترسبات الكامنة فى القاع، منشئة طبقات من الرواسب الغنية بالكربون، فيما يشبه جبانة للميكروبات. وشىء من هذا، ربما هو الذى حدث فى التَشَكُّلات الأشبه بالأصفاد الحديدية فى إيسوا **Isua** بجرينلاند **Greenland**. حيث كان الرائد فى مجال دراسة التكوينات الكربونية لهذه الصخور هو مانفرد

(*) وتمثل إحدى الوحدات البينية الموجود بها كائنات حية وتحيطها كائنات غير حية، لقياس ما بينهما من تأثر وتفاعل متبادل، وذلك فى بقعة محدودة. (المترجم).

شيدلوسكى Manfred Schidlowski من معهد ماكس بلانك للكيمياء بألمانيا، والذى استنتج من هذه الدراسات أن الحياة مُورست منذ حوالى ٣٠ مليون سنة، قبل أن تستقر حفريات بلبارا فى مكانها.

وقد جاء الدليل على الحياة من «إيسوا» عبر قياسات حذرة ودقيقة مع نظائر لها لمعرفة نسب الكربون. وذرة الكربون المعتادة تحتوى على ٦ بروتونـــات، و٦ نيترونات، وعلى ذلك فهى تصنف كربون ١٢، ^{12}C، بينما بعض الذرات تحتـوى على ٧ نيترونات بدلاً من ستة ولذا يتم تصنيفها: كربون ١٣، ^{13}C، ومن الناحيــة الكيميائية هما متطابقان ويعرفان حاليًا على أنهما نظيران. هــذا وتفــصل الحيــاة كربون ١٢ لأنه خفيف قليلاً وتفاعله أسرع، وكنتيجة لذلك فإن الحياة تميل لعــزل الكربون الأخف، وبذلك تثرى أى ترسبات قد تندفن فيها. أمــا الكربــون ١٢ فــى صخور بلبارا فقد كان أعلى بنسبة ٣٪ درجة، وفى إيسوا فقد كان أعلــى بدرجــة واحدة.

قاد مؤخرًا جوستاف أرهينيوس **Gustaf Arrhenius** من معهــد ســكربس للأوقيانوغرافيــا فــى كاليفورنيــا **the Scripps institute oceanography in California** فريقًا مزودًا بتقنية عالية لدراسة النظائر الكربونية والنسب بينها فــى صخور إيسوا. وبتوظيف الميزة المعروفة والخاصة بمجس متناهى الصغر **micro** قادر على قياس الطيف، استطاع الباحثون تحليل كميات ضعيفة للغاية من الكربون فى حبيبات صغيرة إلى درجة ١٠ مايكرومترات من بين وزن ٢٠ تريليونًــا مــن الجرام، وادّعوا بعثورهم على «توقيع» بما يعنى أثرًا أو طبيعة للحياة. وكان قد تم جمع الصخور من جزيرة أكيليا ***Akilia***، القريبة من إيسوا وتم نسبتها إلى، علــى الأقل، تاريخ يرجع إلى ٣,٨٥ بليون سنة سابقة[٨]. وهذا التاريخ يمكــن مقارنتــه بعمر الأرض، ٤,٥٥ بليون سنة، والتى تحددت عبر قياسات النــشاط الإشــعاعى. فإذا ما كانت الحياة قائمة منذ ٣,٨٥ بليون سنة فإن هذا يعنــى أن كوكبنــا ظــل مسكونًا طوال ٨٥٪ من تاريخه.

وربما توصف بحوث الأحافير المسجلة على أنها اقتراب يمثل أعلى ما هو سفلى **top-down** بالنسبة للبحث البيوجينى. وبدءًا بما هو معروف عن الحياة اليوم، فنحن نحاول تتبع الطريق الذى اتبعه التطور بالعودة إلى ماضى الزمان، وهبوطًا فى الحجم بالنسبة لأبسط الكائنات العضوية والآثار الأسبق زمنيًا، إلا أن التسجيلات تتلاشى فى ضباب الغموض. وفى وقت أسبق من ٣,٥ بليون سنة وقد يصل إلى ٣,٨ بليون سنة، قام أول كائن عضوى بسكنى كوكبنا فى مكان ما منه. ولكن أين؟ وماذا كان شكله؟ سوف أبرز هذه الأسئلة عندما أعود لطريق قمة ما هو سفلى فى الفصل السادس ولكن الآن أريد أن أعرج على البديل: الاقتراب لقمة ما هو علوى. والفكرة هنا هى أن نسأل ما الذى نعرفه من أحوال الأرض الشابة ومشارطاتها، وبعدها نحاول أن تبنى الوقائع الفيزيائية والكيماوية التى ضغطت الزناد وأشعلت بدء الحياة منذ هذه السنوات التى مضت.

تلقائية أو عفوية التكاثر:

من المعروف أن العلم يرفض المعجزات، حتى ولو كانت قد وقعت بالفعل. وبالرغم من حقيقة أن الأحياء الجينى يبدو للبعض نوعًا من الإعجاز الفعلى، فإن نقطة البدء فى أى بحث علمى يجب أن تكون افتراض أن الحياة بزغت على نحو طبيعى، من خلال تتابع من عمليات فيزيائية عديدة. وعلى الرغم مما يبدو أقرب لعدم عثورنا مطلقًا على ما يفيد ما الذى وقع بالضبط، فربما نستطيع الاستدلال على طريق كيميائى ظاهر التصديق أو الوثوق به يؤدى بنا من العمليات الكيميائية البسيطة إلى الحياة. بالطبع ربما هناك طرق عديدة مختلفة للحياة كما نعرفها، وعدّة أشكال بديلة لها. ومن المفهوم أن العلماء سيكونون قادرين يومًا ما على إنشاء حياة من نوع ما فى المعامل، هذا يؤكد اقتناعنا بعدم الحاجة إلى معجزات.

ومع ذلك نظرًا لافتقارنا للمعلومات وجهلنا بها حاليًا فإن كل ما نأمله، هــو قليل من العلاقات أو الإشارات لمفتاح الخطوات الكيميائية التى قد تكون على صلة بالأمر. وبعض الناس يرون أن مجرد الإشارات أو العلامــات تعتبــر غيــر ذات جدوى، وأن الموضوع يعد أكثر عمقًا ومشهدية ليستحق حث المضى فيــه. وهــذه نظرة أعتبرها ضيقة وقصيرة. ربما ظل البحث فى أصل الحياة مفتقــدًا معلومــات ذات قيمة، حتى فى غياب تقدير تفصيلى لكيف بدأت الحياة بالفعل. وبصفة خاصة فربما نكون قادرين على إجابة السؤال عن كيف يشبه أو لا يشبه أن تكون الحيــاة تلقائية أو عفوية. وإذا ما أصبح ذلك أكثر احتمالية، فإننا نستطيع القول بأن تكــون الحياة قد ظهرت فى مكان آخر من الكون أيضًا. وعلى الناحية الأخرى فــإذا مــا كانت الخطوات الكيميائية قد أصبحت غير محتملة الحدوث بدرجة عالية، فسنكون وحدنا فى هذا الكون.

وأيًا ما كانت حقيقة العمليات المتتابعة الكيميائية فلا بد أن الحيــاة تــشكلت كنتيجة لنوع ما من التركيب التشابهى الذاتى للجزيئات. ومصطلح التركيب الــذاتى هذا **self-assembly** يبدو أنه ينضوى بدوره على حلقة سحرية، ولكنهــا ملحوظــة مألوفة لدرجة الابتذال. ذلك أن المجرات والبللورات تظهر أو تبرز للوجــود مــن خلال التجميع أو التركيب الذاتى، وهذا على سبيل المثال وليس الحــصر، وأعنــى أنهما ينشئان نفسهما من حالة سابقة مبدئية تتسم باللا نظام وافتقاد السمات. ولــيس ثمة قوى حاسمة تدير أو تقود محتوياتها إلى الشكل النهائى. وإنما فقط تقوم بــذلك عمليات الفيزياء العادية. ولذلك يفترض البيولوجيون أنه يمكن تطبيــق ذلــك فــى مجال الحياة حتى ولو كانت أبسط أشكال الحياة، هى بذاتها فى غاية التعقيد.

ومعتقد التكاثر التلقائى هذا، له تاريخ طويل يرجع على الأقــل إلــى أفلاطــون **Plato**. وفى القرن السابع عشر ساد الاعتقاد بأن كثيرًا من أنواع الكائنات الحية يمكــن أن تتكاثر من جديد فى ظل الظروف الملائمة، وعلى ســبيل المثــال كــان يعتقــد أن الفئران الناضجة يمكن أن تنشأ من كومة من الملابس الداخلية المتــسخة أو القمــح[٩].

كما أن هناك وصفات أخرى مفضلة مثل الشرابات القديمة واللحوم المتعفنة والتي تظهر فيها، وبشكل وافر، أنواع من «القمل والهوام» وأيضًا اليرقات.

واليوم تبدو هذه القصص على درجة من السخف، ولكنها استدعت أن يقوم عالم في مقام لويس باستير **Louis Pasteur** بحسم الأمر. ففي عام ١٨٦٢، وفي مناسبة الاحتفال بجائزة عامة أقام باستير عدة تجارب حذره ليستدل منها على أن الكائنات العضوية لا تأتي إلا عبر كائنات عضوية أسبق. أما الكائن العقيم غير المثمر، هكذا ادعى، فسيظل أبدًا كذلك. وأضاف مفتخرًا[١٠] «لن يشفى أبدًا معتقد التكاثر التلقائي أو العفوي من الضربة القاضية التي وجهتها له هذه التجربة البسيطة!».

ومع أهمية هذا الاستعراض للأمر، فإن النتيجة التي توصل إليها باستير وقعت في تناقض مع نظرية دارون عن التطور. مُجلَّده الأشهر وذائع الصيت «أصل الأنواع» **"The Origin of Species"**، والذي نشر قبل ثلاث سنوات من إجراء باستير لتجاربه، ذهب دارون إلى رفض التصديق بالحاجة إلى معجزة لخلق أو إنشاء الأنواع، من خلال إظهار كيف يتحول النوع إلى نوع آخر. ولكن تقديرات دارون تركت الباب مفتوحًا لمشكلة كيف بدأت الحياة في المقام الأول. ومن دون وجود الحياة بشكل دائم، فعلى الأقل هناك نوع واحد والذي كان في البدء فهو إذن لم يجئ من تحوله من نوع أسبق، وإنما فقط بالتحول من مادة غير ذات حياة. وقد كتب[١١] دارون بنفسه بعد عدة سنوات «لم ألتق بأي دليل يستحق أن يصادق على الفكرة المسماة: التكاثر التلقائي». وبعدئذٍ فإنه في غياب الدليل فإن أصل الحياة يكمن في نوع من التكاثر التلقائي. ومع ذلك، فإن نظرية دارون في التطور، وأيضًا نظرية باستير القائلة بأن الحياة تولد من شيء حي بدوره، كلتيهما لا يمكن وصفهما بأنهما قد كُتبتا بشكل جيد.

دارون نفسه كان إلى حد ما يضع مسألة أصل الحياة هذه في درجة متساوية مع بحثه في التطور (انظر الاقتباس في مستهل هذا الفصل)، ولكنه أعطانا بذرة

هذه الفكرة فيما كتبه عبر رسالة شهيرة تخيل فيها[١٢] بركة صغيرة دافئة تحتوى على كل أنواع الأمونيا **ammonia**، والأمـلاح الفوسـفورية **phosphoric salts**، والضوء، والحرارة، والكهرباء... إلخ، وربط بين هذه البركة وعملية التخمير التى تكون قد وقعت، وعبر فترات هائلة من الزمن، فربما تكون الحياة قد تشكلت من عمليات كيميائية معقدة. ونتيجة هذه المناظرات تأجل التفكير فى هذا المنحى من الموضوع لقرن تالٍ من الزمان.

فى ذلك الوقت تعرضت فكرة بزوغ الحياة تلقائيًا من خليط كيميائى غير حى لنقد عنيف من قبل الثيولوجيين، وحتى من قِبَل بعض الفيزيائيين، حتى إن الإنجليزى البارز لورد كيلفن **Lord Kelvin** استبعد الفكرة كلها[١٣]. «باعتبارها تأملاً قديمًا» وعبر عن رأيه: «أن العلم قد قدم لنا كمية هائلة من الأدلة الاستدلالية، والتى تقف ضد هذه القضية». ومعلنًا رأيه – من دون أى لبس أو محتوى له معنيان – «بأن المادة غير الحية لا يمكن أن تصبح حيةً، دون الخضوع لتأثير مادة حية أسبق منها». وهذا لا يدع لنا سوى خيارين، إما أن الحياة كانت دائمة الوجود، وإما أن ظهورها كانت وراءه معجزة.

ولم يتغير الأمر إلا قليلاً، حتى جاءت العشرينيات من القرن الماضى ومن خلال أعمال ألكسندر أوبارين **Alexander Oparin** فى روسيا، و ج.ب.س هالدين "**J.B.S. Haldane**" فى إنجلترا، إذ استطاع كلاهما أن يميزا أن من السذاجة أن نقترح نشوء الحياة فجأة عبر عملية واحدة ومنفردة كرد فعل مدهش لها. ولقد أخذا مفتاح الفكرة من داروين، بافتراضهما أن الأمر قد استغرق فترة تطور طويلة اقتضت تتابعًا لعمليات كيميائية متدرجة أدت لظهور أول ميكروب وأثناء هذه المرحلة القبل بيولوجية، فإن شيئًا تحديدًا قد حول بنجاح خليط من الجزيئات إلى تركيب أكثر فأكثر تعقيدًا كرد فعل، حتى حدث فى النهاية نشوء السمات الأساسية لكائن عضوى حى.

وفضلاً عن «بركة» داروين الصغيرة، فقد تصور هالــدين كــل محيطــات الأرض كإطار للأحداث، حيث تقوم الأمطار بتبليل المــسطحات القاحلــة، والتــى بالتالى تغسل كل ما هو كيميائى الأسلوب دافعة به إلى البحر، ليتركز هناك حتــى إننى سأستخدم العبارة التى صرح بها هالدين: «أن يصل السائل إلى حالة (شوربة) مخففة بالماء ومتماسكة». وقد أمسك الآخرون عليه هذه العبــارة وصــكوها فــى عبارة «الشوربة الأصلية أو الابتدائية» **"the primordial soup"** منذ ذلك الحين.

وتعددت التنوعات عبر السنين التى ناقشت ماذا وأين كانت هذه «الشوربة». هل كان المحيط هو المَعْنِى، أو مجرد بركة كما اعتقد داروين؟ هــل كــان كهفًــا مستترًا أو كان نفقًا تحت سطح الأرض؟ وماذا عن نبع ماء حار لدرجة الغليــان أو فتحة بركان تحت قاع البحر؟ أو قطرات صغيرة من الماء احتجزها الهواء وتركها معلقة؟ ربما أيضًا لم تكن «الشوربة» فى أى موقع على الأرض إطلاقًا، وتولــدت داخل مذنب أو كوكب صغير. كل هذه الأفكار تم اقتراحها بجديــة وظــل أغلبهــا كوسيلة ربط محضة. ورغم أن هذه الآراء تختلف كلية عن بعضها البعض، فإنهــا تتشارك فى أمر واحد، فهى جميعًا تتطلب سائلاً مائيًا ومزينًا بجواهر ملائمة فعلية، وانكشف أو تعرض لمصدر طاقة، ليقود ردود الفعل أو التفاعلات الكيميائية إلــى الأمام.

وكان لهالدين وأوبارين رأى مختلف عن التتابع الحقيقى للأحداث، ويطــوق عملية الانقسام فى الموضوع، والذى ظل باقيًا حتى اليوم. وحيــث يتعلــق الأمــر بمدى المعلوماتية لدى الخلايا. كل الكائنات العضوية المتناهيــة الــصغر تكــون منفصلة عما يحيطها بغشاء (حيوانى أو نباتى) أشبه بالحــائط الحــافظ للخليــة، إذ سيكون بالطبع من الصعب تخيل حياة من دون أسوار محيطة من نوع ما. والسؤال هو أين برز هذا البناء الخلوى: قبل أو أثناء أو بعد الخطوات الكيميائية المبدئية؟

بينما ركز هالدين الضوء على كيميائية «الشوربة"، كان أوبــارين أول مــن نادى بالخلية. وكان متأثرًا أو لديه انطباع بأن العناصر الزيتية لا تخــتلط بالمــاء،

وأحيانًا ما ينتج عن الخليط نوع من المادة العالقة تعرف بشكلها المكـافئ للـشكل العنقودى **coacervate**، وحيث يطفو الزيت متجمعًا فى قطرات رفيعة وصـغيرة. هذه «الفقاقيع» الزيتية تشبه من حيث مظهرها الخارجى الخلايا البيولوجيـة. لقـد افترضت نظرية أوبارين أن البناء الفيزيائى للخلايا لا بـد أنـه جـاء أولاً، وزُوِّد بوعاء خاوٍ، تستطيع فيه الجزيئات أن تستمر فى أعاجيبها. وهذه الفكرة لها قدر من الجاذبية لأن هناك كثيرًا من العمليات الفيزيائية (ليس فقط الزيت فى الماء)، والتى تنتج عنها حويصلات أو بثرات من نوع ما. وأيضًا فالخلايا المائلة أو النقـاط أو القطرات يمكن أن تصبح غير مستقرة وتنشطر إلى اثنتين، منتجة شكلاً بدائيًا مـن إعادة الإنتاج. ولو أن حقيبة مملوءة بالعناصر الكيميائية تضخمت، ثم انشطرت إلى أجزاء، فإن كل «ابنة» للحقيبة الأصلية سوف ترث الخليط الكيماوى لتلك الحقيبـة. وقد يكون هذا كافيًا لعمل نوع بدائى من الاختيار الطبيعى. ومهمـا كـان الغـشاء الحيوانى أو النباتى، فإنه يحتاج لأن يكون لديه بعض من الخصائص المميزة قبـل أن تحبس الجزيئات المؤازرة للحياة داخل الخلية، ولكن تسمح بأن تمر إليها المواد الأولية التى تحتاج إليها من خارج الخلية.

إن فكرة أوبارين بشأن تأصيل أو تجذر أصل الحياة فـى تـشكل الخلايـا، تعكس جزئيًا حالة المعرفة فى تلك الأيام، لأن العلماء فى ذلـك الوقـت كـانوا لا يزالون يناضلون فى حل مسألة عمليات الأيض، والدور الذى يلعبه البروتين فـى الخلية، بينما لم تكن لديهم أى فكرة ولو ضبابية عن طبيعة الجينات، حيث لم تكـن معرفة البيولوجيا الجزيئية وتركيب الدنا قد قامت وقتئذ. ربما من الطبيعى أن يؤكد أوبارين الوجه الجينى للحياة، وأن يتوجه اهتمامه للهيئة الفيزيائيـة التـى عليهـا الخلايا – تشكلها وبناؤها – والتى كانت مفهومة له على نحو أفضل. وهذا لا يجعل النظرية الأولى للخلية خاطئة، ولكنه فقط ينذرنا بأننا عندما نضع ما نعرفـه فـى مركز الاهتمام دون سائر المعلومات الواجب البحث عنها، فإن ذلك يشبه مخـاطرة وضع العربة أمام الحصان.

وقد أصبح التنظير فى مجال أصل الحياة يحتل المشهد كله فى عشرينيات القرن الماضى، حيث أعطى البعض الأهمية الواجبة لأفكار كل من أوبارين وهالدين. وحيث قام أحد الكيميائيين الأمريكان هارولد أوراى «Harold Urey» والذى كان مقدرًا له الحصول على جائزة نوبل فى أحد الأيام لاكتشافه الهيدروجين الثقيل «deuterium"، حيث لاحظ أنه قد يكون ممكنًا اختبار النظرية القائلة بـ «الشوربة المبدئية» فى المعمل. وبعدها بعدة سنوات. وبالتحديد فى عام ١٩٥٣ قام بهذه التجربة الاختبارية بالفعل.

إعادة إنشاء «الشوربة» البدائية أو الأصلية:

كانت تجربة أوراى المحْتَفى بها خلاّبة من حيث بساطة مفهومها. لقد فكر فى توفير الظروف التى تَصَوَّر أنها كانت سائدة فى كوكب الأرض البدائى، ومراقبة ما سوف يحدث. لقد كان عليه أن يخمن ما كانت عليه الأرض منذ بلايين السنين. معتبرًا أن وجود الماء السائل هو بمثابة رهان عادل، ولكن تركيبة الجو لم تكن معلومة له. ولتقرير أى من الغازات الواجب استخدامها، اقترح أوراى بأن جو الأرض حاليًا لا بد أنه تعرض للتحسن الهائل بفعل الحياة وبسببها، وبصفة خاصة فإن احتواء الجو الأكسوجين، يرجع لعملية التمثيل الضوئى فى النبات. وهكذا استبعد الأكسوجين. وبالفعل كان هذا اختيارًا عاقلاً. ومع أن الناس جعلت للأكسوجين دورًا مساهمًا فى الحياة، فهو فعليًا عنصر خطر يدفع الحياة للتآكل بمعنى أنه يَحتّ فيها، وبالتالى يمثل تهديدًا لمعظم الجزيئات العضوية وقادر على تحطيمها بسرعة (ولا بد أن يعرف ذلك أى مُشعل لحريق). إذا ما كان طور الحياة قبل العضوية، كان كما تصوره كل من هالدين وأوبارين فلا بد أن الأجواء كانت خالية من الأكسوجين الحر. وبناء على كل ذلك قرر أوراى أن يستخدم خلطة من الميثان "methane" (غاز المستنقعات والمناجم) والهيدروجين 'hydrogen' والأمونيا ammonia.

ولمساعدته فى التجربة وَظّف أوراى طالبًا شاباذكيا يدعى ستانلى ميللر Stanley Miller كان يتلقى العلم فى جامعة شيكاجو. وقد بدأ عمله بأن ملأ قارورة بالغازات المختارة، بالإضافة لقليل من الماء وأحكم إغلاقها ومرر فيها شرارة كهربائية لتشبه تأثيرات الضوء على العملية، وخلال الأسبوع الذى تلى ذلك عَمَدَ إلى مراقبة الأمر، واندهش لملاحظته أن دورة الماء داخل القارورة تحولت تدريجيًا إلى اللون البنى - المشوب بالأحمر "reddish brown". وكان ميللر فخورًا مبتهجًا حين صرح: «فيما يبدو أن هذه التجربة البسيطة قد نجحت فى إنتاج ما يشبه الشوربة البدائية». وعكف على تحليل السائل وبالتأكيد وجد أنه يحتوى على عدد من العضويّات الكيماوية المعروفة بالحامض الأمينى amino acid. وهو ما يمثل أحجار بناء البروتين، ويعتبر من العناصر التى لها قيمة فيما يتعلق بكل الحياة الأرضية.

اُستقبلت نتائج ميللر بحرارة بالغة باعتبارها الخطوات الأولى على طريق إنشاء الحياة فى «قارورة اختبار»، ولقد كان معقولاً أن ينتج الحامض الأمينى فى أسبوع، ولك أن تتخيل ما يمكن أن يحدث لو أن التجربة استغرقت وقتًا أطول. ربما ببساطة تكون مسألة وقت قبل أن يبدأ كائن حى فى الزحف من وسط هذا الحساء ذى اللون البنى المائل للإحمرار. والخلاصة التى انتهى إليها كثير من العلماء هى أن إنشاء الحياة لا يحتاج إلا قليلاً من الكيماويات العادية، فضلاً عن مصدر للطاقة.

وأخيرًا، فإن النشاط الذى أحاط بتجربة ميللر/ أوراى استحال إلى اعتبارها تجربة مبتسرة، وذلك لعدة أسباب متنوعة. ففى رأى الجيولوجيين أن الجو وقت البداية لا يماثل المزيج الذى لجأت إليه التجربة فى قارورة ميللر. إذ من المحتمل أن الأرض اختلف جوها عدة مرات خلال البليون سنة الأولى من عمرها، وليس متصورًا أن الميثان والأمونيا قد توفرا كثيرًا فى هذه الأثناء. ولو أن الأرض حازت فى جوها «هيدروجين» بشكل حقيقى، فهو لم يدم طويلاً، وباعتباره من

أخف العناصر، فكان لا بد له أن يتطاير في الفضاء، ولقد اختار أوراى هذه العناصر لأنها جميعًا تحتوى على الهيدروجين. والكيميائيون يسمون هذه الغازات مختزلة **reducing**، أو تعمل على مبدأ «الإنقاص» وهو المضاد «للأكسدة» **oxidation**، ولأن كل العضويات غنية بالهيدروجين، فإن جوًا متحولاً في اتجاه الإنقاص يكون لازمًا لإنتاجها. ومع أن التخمين السائد للجو الباكر للأرض هو أنه ليس مختزلاً ولا مؤكسدًا أيضًا، بل إنه كان خليطًا طبيعيًا من ثاني أكسيد الكربون **carbon dioxide** والنيتروجين. وهذه الغازات لا تُمنح أو تُعطى الحامض الأميني بسهولة أو بسرعة.

والسبب الثاني في إلقاء نوع من الشك حول معنى تجربة ميللر/ أوراى يتمثل في أن الحامض الأميني في الحقيقة، ليس من الصعب إنتاجه أو صنعه. وثمة تجارب متنوعة ناجحة تم القيام بها حيث استبدلت الشرارة بسأتون متأجج، أو مصباح أشعة فوق البنفسجية، أو غازات صادمة أو خليط كيماوى مشحون بالطاقة. وعليه فقد أصبح صنع الحامض الأميني من الأمور العادية وهو في الواقع يحدث طبيعيًا في الشهب وحتى في الفضاء الخارجي.

هناك أيضًا سبب مبدئي حول لماذا لم تعد تجربة ميللر / أوراى تستحق ما كان لها يومًا ما؟ حيث من الخطأ الحقيقي أن ننظر للطريق إلى الحياة وكأنه يأخذ هيئة الطريق السريع **highway**، بحيث يؤدى بمرور الزمن مباشرة إلى «حساء كيماوى». ربما تكون الأحماض الأمينية بمثابة أحجار البناء للبروتين ولكن ثمة عالمًا كاملاً من الفروق بين أحجار البناء وبناء مُركب. لأن مجرد اكتشاف كومة من الأحجار لا يضمن أن هناك مبنى خلف الناصية، وعليه فإن مجموعة من الأحماض الأمينية أمامها طريق طويل جدًا، بعيدًا عن الجزيئات الكبيرة والمتخصصة مثل البروتينات التي تتطلبها الحياة.

وثمة عائقان كبيران يقفان في طريق التقدم إلى الحياة في «حساء بدائي». واحد منها أنه في معظم السيناريوهات يبدو الحساء مخففًا لدرجة كبيرة لا يتسنى له

معها أن ينتج لنا الكثير. محيط هالدين الواسع من الحساء سيكون مخففًا للغاية، بحيث لن يتسنى له جمع المكونات الصحيحة فى نفس المكان وفى وقت واحد ومن دون بعض الآلية لتركيز شديد فى الكيمائيات، فإن تخليق للجوهريات المعقدة يصبح من قبيل الآمال البعيدة، وثمة مقترحات تنسب للخيال قُدّمت فى مجال تكثيف أو زيادة ثخانة السائل المخمر، فمثلاً بركة دارون ربما تتبخر وتتصاعد أبخرتها إلى الفضاء، تاركة نفاية أو زَبَدًا ذا كثافة كافية. أو ربما تستطيع السطوح المعدنية مثل «الطين» أو «الصلصال» أو «الوحل» أن تحصر الكيماويات المارة عليها فى شكل سائل متوسط الكثافة وتقوم هذه السطوح بتركيزها. ومع ذلك، فإنه ليس واضحًا تمامًا إذا ما كان أى من هذه الاقترلحات يمثل الواقع إزاء الحياة الفعلية على الأرض فى بواكيرها. كما أننا لم نصادف حالة أشبه بالمرقة أو الحساء احتفظت بها الصخور لتكون هاديًا لنا فى طريقنا الوعرة.

أما العائق الثانى فهو أكثر عمقًا ويعود بنا إلى القانون الثانى للديناميكا الحرارية. ولتستعد فى ذهنك كيف يصف هذا القانون الميل الطبيعى للفناء أو التلاشى التدريجى، وللفساد، والابتعاد عن نشر النظام والتعقيد وثم: فإن تركيب أو اصطناع جزيئات بيولوجية «تسبح ضد التيار»، من زاوية الحديث بمفهوم الديناميكا الحرارية، ولأول وهلة يبدو أن هذا يؤدى إلى تناقض. والحقيقة أنه لا صراع أو تضاد مع القانون الثانى ذاك. وكما شرحت فى الفصل الثانى، فإن النظام قد يظهر فى مكان، مادامت توجد كميات أكبر من اللا نظام، أو الأنطروبيا فى البيئة المحيطة. وهذا هو ما يحدث عندما تتشكل بللورة أو كريستالة خلال السائل المذاب، لأن الكريستال الصلب هو ترتيب نظامى للذرات على غير الحال فى ذات السائل، وعلى ذلك فهو (الكريستال) لديه أنطروبيا أقل. ومع ذلك، فإن تشكل الكريستال يصاحبه تحرير للحرارة التى تنبعث فى البيئة وهو ما يؤدى إلى مزيد من الأنطروبيا. وهكذا فإن الحقيقة الثانية تفوق الأولى وزنًا وقيمة. وهذا ما يحدث بالنسبة لتركيب الحامض الأمينى، فإن تركيبه مفضل فى مفهوم الديناميكا

الحرارية. والسبب في ذلك يتعلق بقاعدة الطاقة. إذا تسببت عملية ما في تخفيض الطاقة في نظام معين، أي لو ذهبت إلى «أسفل التل» ستكون محل مباركة القانون الثاني، أما بالقياس لو صعدت إلى «أعلى التل»، ففي هذه الحالة تكون متحدية للقانون الثاني. المياه تجري إلى أسفل التل، ولا تصعد إلى قمته. وقد يمكنك أن تجعل المياه تصعد إلى القمة، ولكنه فقط ببذل الجهد من أجل ذلك. وأي عملية تجري بطريقة تلقائية تكون دائمًا بمثابة الهابطة إلى «أسفل التل». وإنتاج الحامض الأميني له سمة «الهبوط لأسفل التل»، وهذا ما يجعل من السهل جدًا صنعه.

الآن قد وضعنا يدنا على عقبة خفية: الخطوة الثانية في الطريق للحياة أو على الأقل الطريق إلى البروتين، هي قيام الحامض الأميني بالارتباط مع نظائره لصنع جزيء يعرف باسم الـ «بيبتايد» **peptide** والبروتين ليس إلا سلسلة طويلة من البيبتايدات أو متعدد البيبتايد **polypeptide**. وحيث إن التشكل التلقائي للحامض الأميني من خليط كيماوي غير عضوي هو عملية مسموح بها من زاوية الهبوط «أسفل التل»، أما مضاعفة الحامض الأميني لتشكيل بيبتايد هي من قبيل عمليات الصعود «لأعلى التل» أي أنها من وجهة نظر الديناميكا الحرارية تتجه إلى الطريق الخطأ. وكل بيبتايد مرتبط بوثاق يتمثل في احتياجه لجزيء مياه، لكي ينتزع من السلسلة. وفي وسط مائي مثل الحساء أو الشوربة البدائية. فإن هذا لا تفضله قواعد الديناميكا الحرارية. ويترتب على ذلك أن الأمر لن يحدث بصفة عفوية ولا بد لجهد أن يبذل لإكراه جزيء المياه (المستخلص) عبر الوسط المائي المستقر، ومن الواضح أن تشكل البيبتايد، ليس مستحيلاً، لأنه يحدث داخل الكائن العضوي. ولكن هناك رد فعل «أعلى التل» المدفوع إلى أمام باستخدام جزيئات مصنعة حسب الحاجة دون أن يتم شحنها بالطاقة اللازمة للعمل الضروري. وفي «حساء» كيميائي بسيط، ليست ثمة جزيئات متخصصة في متناول اليد، لتدعم ردود الفعل دعمًا هي محتاجة إليه. وبالتالي، فإن الحساء المائي يعتبر وصفة لعدم تركيب الجزيئات وليس التركيب الذاتي لها(١٤).

ولنتأكد أنه سيكون هناك نقص في مصادر الطاقة المتاحة على الأرض في بواكيرها، وهي الطاقة المتطلبة لإجبار سلاسل الببتايد على التشكل، ولكن إلقاء تبعه المشكلة على الطاقة ليس حلاً. فنفس مصادر الطاقة التي ستحث الجزيئات العضوية، هي أيضًا التي ستخدم في تحطيمها وإهلاكها. ولكي تعمل بشكل متعاقب ومترابط منطقيًا، فإن الطاقة المستهدفة يجب أن تكون على قدر رد الفعل المطلوب. وعند إدخال طاقة غير متحكم فيها، مثل طاقة التسخين البسيط، فيبدو أنها ستميل للتحطيم والإهلاك أكثر من اتجاهها للتعاقب والترابط المنطقي. وهذه الحالة يمكن مقارنتها بعامل بناء مجتهد، باذلاً أقصى جهده في بناء عمود أو نصب تذكاري، واضعًا كل طوبة فوق سابقتها. وكلما ارتفع العمود عاليًا كان معرضًا لحالة من التمايل ومن ثم الانهيار. ومثل هذا بالضبط، فإن السلاسل الطويلة من الحامض الأميني، المرتبطة ببعضها تكون هشة وقابلة للفصل. وكقاعدة عامة إذا قمت بتسخين أو زيادة الحرارة لكائن عضوي فإنك شئت أم أبيت **willy-nilly**، فسوف ينتهي بك الأمر ليس بسلسلة طويلة ولطيفة من الجزيئات، ولكن بكومة من الجزيئات ملخبطة متلكئة ومتوانية كما يشهد لك صاحب حفلة الشواء!

ومن الصحيح أن القانون الثاني للديناميكا الحرارية ليس إلا قانونًا إحصائيًا، لا يمنع الأنظمة الفيزيائية من الذهاب للاتجاه الخطأ (مثل الصعود لقمة التل)، لكنه يرجح الذهاب في الاتجاه الصحيح. وعلى سبيل المثال فإنه من الممكن، بل هو قريب من الحدوث، أن تبني عمودًا من الطوب، بأن تجعل له طرفًا مستدقًا، من الطوب، أيضًا بأن تنتقي مجموعة من الطوب لعمل هذه القمة المستدقة، ولا تندهش إذا انتهت بطوبتين مستقرتين بشكل جيد على واحدة، ولو ثلاث طوبات، سيكون أمرًا مشهودًا، ولكن لو عشر طوبات فسيكون الأمر أقرب للمعجزة. وبلا شك ستضطر للانتظار وقتًا طويلاً، لكي يتحقق صف من الطوبات العشر بشكل عفوي. أما في حالة رد الفعل الكيماوي العادي الذي يقع بالقرب من حالة الاتزان الحراري، فإن الجزيئات تهتز بشكل عشوائي، وهكذا ستكون مضطرًا للانتظار

وقتًا طويلاً، لكي يتم تشكل سلسلة هشة من الجزيئات. وكلما طالت السلسلة، طالت مدة الانتظار. وقد تم تقدير المسألة بأنه بعيدًا عن المزايا الذاتية له، فإن حلاً مركزًا من الحامض الأميني سوف يحتاج قدرًا من السائل بحجم الكون المنظور حولنا، لكي يمكنه أن يذهب في اتجاه مضاد للمد الحراري. وينشئ قدرًا ضئيلاً من متعدد الببتيدات بشكل عشوائي. ومن الواضح إذن أن الجزيئات العشوائية المراوغة ستكون ذات نفع ضئيل، عندما يشير سهم الاتجاه إلى الطريق الخطأ.

وثمة مهرب وحيد ممكن من الطريق الضيق المتعلق بالقانون الثاني للديناميكا الحرارية، وهو يتمثل في مغادرة حالة الاتزان ومشارطاتها الخاصة به. وكان البيوكيميائي الأمريكي سيدني فوكس 'Sidney Fox' قد قام ببحث ما الذي يحدث، حين يتم تسخين خليط من الحامض الأميني بشدة، وبدفع الماء بعيدًا كبخار، فإن للوصلات بين الحامض الأميني المكونة لسلاسل الببتيدات سوف تصبح أكثر تشابهًا. والطاقة الحرارية المتدفقة سوف ترفع الأنطروبيا الضرورية للانصياع للقانون الثاني. وبهذا الشكل أنتج فوكس بعض السلاسل الطويلة من متعدد الببتيدات، والتي اصطلح على تسميتها بروتينويد (أشباه البروتينات) **proteinoids**، ولسوء الحظ، فإن التشابه بين بروتينويدات فوكس والبروتين الحقيقي سيكون مخادعًا، لأن البروتين الحقيقي يتكون بصفة خاصة من الحامض الأميني المتعلق باليسار (راجع الصفحات الأولى من هذا الفصل)، بينما أشباه البروتين المنتج بمعرفة فوكس، فتتكون من خليط متعادل من الحامض الأميني المتعلق باليسار واليمين معًا.

وهناك أيضًا سبب أساسي، لكي يبدو التشابه العشوائي الذاتي للبروتين، وكأن ليس له شرارة بدء. وهذا ليس له علاقة بتشكل السلاسل الكيماوية على النحو السالف، ولكن بالنظام الخاص الذي يرتبط به الحامض الأميني مع بعضه. فالبروتين لا يحتوي على أي سلاسل ببتايدات قديمة، إنها تعاقبات خاصة جدًا من الحامض الأميني، التي لها خواص كيميائية متخصصة، والتي تتطلبها الحياة. ومع

أن عدد البدائل المتاحة للتغيرات الأساسية في خليط من الحامض الأمينى هو عدد فلكي. فإن جزءًا صغيرًا من البروتين يحتوى على ١٠٠ حامض أمينى يوجد ٢٠ نوعًا منه، نحن إذن أمام ١٠^١٣٠ (والذى يعنى واحدًا متبوعًا بـ ١٣٠ صفرًا) من الترتيبات المختلفة للحامض الأمينى في جزىء بهذا الطول[١٥]. والاصطدام بواحد صحيح منها، بالمصادفة، لن يكون متاحًا[١٦] ولو تم، لكان من قبيل الأشياء الفذة.

إن العثور على هيئة أو شكل مناسب للحامض الأمينى من بين الاسكويليون squillions[*] من التشكيلات المتاحة، يمكن التفكير فيه كمعضلة فى حجم حيوان الماموث (المنقرض والذى كان شبيهًا بالفيل) يماثله تعقب موقع فى الإنترنت دون ماكينة بحث. وهذه الصعوبة يمكن التعبير عنها بمصطلحات الديناميكا الحرارية باسترجاع العلاقة بين المعلومات والأنطروبيا، والتى سبق شرحها فى الفصل السابق: المحتوى المعلوماتى العالى المتخصص للبروتين والمُمَثَّل فى التتابع الخاص جدًا للحامض الأمينى، يحتاج إلى تراجع كبير فى الأنطروبيا أثناء تشكل الجزىء. ومرة أخرى، فإن مجرد الحقن غير المسيطر عليه أو متحكم فيه بالطاقة لن ينجز النتيجة المنظمة التى نحتاج إليها. وبالعودة للمشابهة التى أجريناها بحالة بناء طبقات من الطوب، فإن صنع البروتين ببساطة بفتح طاقة تشبه تفجيرًا تُجريه تحت كومة من الطوب، متوقعًا أن ينتظم الناتج فى شكل بيت. ربما يمكن تحرير طاقة تكفى لترفع الطوب، ولكن دون أن تقترن الطاقة مع الطوب بطريقة مسيطر عليها ومنظمة، فلن يكون هناك سوى أمل ضعيف فى إنتاج أى شىء سوى اللخبطة العشوائية. وهكذا، فإن صنع البروتين برجرجة الحامض الأمينى عشوائيًا، سوف يؤدى بنا بتعبيرات الديناميكا الحرارية إلى مضاعفة المشاكل أو المتاعب. ليس فقط هزهزة الجزىء للاتجاه «صعودًا لقمة التل»، بل تجب هزهزته فى اتجاه شكل شريحة متناهية الصغر من العدد الكلى للخلطات الممكنة.

(*) squillions اسكويليون هى مرادفة لكلمات شبيهة مثل زيليون وغيرها مما ينتهى بحروف (يون) فإنها جميعًا تستخدم للتعبير عن رقم لا نهائى، لا ترجى منه فائدة.

حتى الآن كنت أتكلم عن صنع البروتينات عن طريق وصلات الحامض الأميني في شكل ببتايدات. ولكن البروتين هو جزء صغير من النسيج المعقد الصعب فهمه للحياة. هناك الليبيدات lipids(*) والحامض النووى nucleic acids والريبوسومات ribosomes(**)... إلخ. وهنا نكون قد أصبنا نقطة أخرى أو عقبة خفية. حيث من الممكن أن يستخدم العلماء تجارب معملية تتميز بالأناقة والتعقيد في إجراءاتها، متوصلين من خلالها إلى تركيب الجزء ذى الشأن فى عملية الحياة بشكل تدريجي، الجزء الذى به نستطيع أن نُقوِّم المسألة. لكن الأقل احتمالاً هو أن نفس مجموعة الإجراءات المُتَطلّبة لإيجاد كل الأجزاء التى نريدها في الوقت نفسه. وهذا لا يعنى فقط، أن هناك سرًا حول التركيب أو التجميع الذاتى من بين قطع كبيرة العدد من الجزيئات ذات البناءات المتخصصة والرقيقة السمات، من بين قطع متناحرة صاخبة، فهناك أيضًا إنتاج، وبالتزامن، مجموعة من نوعيات كثيرة مختلفة من الجزيئات.

ودعنى ألفظها بوضوح: ما الذى يتعلق به الأمر هنا. لقد أكدت بالفعل أن الجزيئات المعقدة التى نجدها فى الكائن العضوى ليست حية بذاتها. الجزىء هو الجزىء، إنه ليس حيًا ولا ميتًا. الحياة ظاهرة يشترك فيها مجتمع كامل من الجزيئات المتخصصة، بل ملايين منها تتعاون معًا بطرق جديدة ومدهشة. ولا يحمل جزىء وحده شرارة الحياة، ولا يمكن لسلسلة من الذرات أن تنشئ كائنًا حيًا. حتى الدنا، هذا الجزىء العضوى الفائق، فهو ليس حيًا، انتزع الدنا من أى خلية وسوف تجدها غير قابلة للقيام بدورها المعتاد. فقط فى مجرى بيئة جزىء على

(*) وهى مجموعة من المركبات المتجانسة التى تتألف من حموض دسم طبيعى وشموع وستيروئيدات ولا يمكن حلها بالماء، وإنما فقط بالمحاليل غير المستقطبة، كما أنها مصدر للطاقة وسهلة الاختزان، وتقوم بوظائف عديدة فى البدن.

(**) أحد المستصبيات فى الخلية الحية، وتصنع خلاله البروتينات بحوالى ٥٢ سلسلة بروتينية وثلاثة جزيئات من الدنا الريبى، التى تستنسخ مباشرة من الدنا. (المترجم).

درجة عالية من التخصص سيستطيع الجزىء المعيّن أن يقوم بدوره في الحياة، أى أنه لن يستطيع من دون هذه البيئة أو المحيط. ولكى تتم الوظيفة بشكل صحيح فلا بد للدنا أن تكون جزءًا من فريق كبير، الذى يقوم فيه كل جزىء بإنجاز دوره المحدد الهدف في تعاون تام مع جزيئات الأجزاء الأخرى.

إن معرفة جدارة محتوى الجزيئات في العضو الحى بالاعتماد عليها والوثوق فيها تضعنا على الفور أمام متاهة فلسفية شديدة. إذا كان كل شيء يرغب في كل شيء آخر، فكيف ظهر مجتمع الجزيئات في المقام الأول؟ ولأن الجزيئات في معظمها، والتى تحتاجها الحياة ولا تقوم من دونها، يتم إنتاجها بمعرفة نظام عضوى حى، ولا يوجد منها ما هو خارج الخلية فكيف جاءت للوجود أصلاً، دون معاونة من علماء متطفلين يتدخلون فيما لا يعنيهم؟ هل نتوقع بشكل جدى، حساءً من النوع الذى اقترحته تجربة ميللر / أوراى لكى تصنعهم فورًا مع معرفتنا بأن طبيعة الكيمياء تصيب مرة وتخطئ أخرى "hit – and – miss" ؟.

ربما اعتراك انطباع مما كتبته حتى الآن بأن أصل الحياة ليس فقط غير ممكن أو مستحيلاً من الناحية الفعلية الواقعية، ولكن الحياة نفسها مستحيلة أيضًا. ولو أن الجزيئات العضوية الهشة تعرضت للهجوم وتبعثرت بشكل مستمر، فإن أبداننا ستتجه بسرعة للتحلل عبر عمليات كيميائية تنشر التشوه والموت؟ ولكن لحسن الحظ، فإن خلايانا تحتوى على إصلاح كيماوى مميز وآلية للبناء، ومصادر كيماوية جاهزة للطاقة، لكى تدفع بالعمليات لـ «الصعود» إلى قمة التل"، وإنزيمات لها مميزات خاصة تتمكن بواسطتها من نعومة تركيب الجزيئات المعقدة من بين شرائحها. وأيضًا ينثنى البروتين فى شكل كرات للحماية تمنع مهاجمة الماء لرباطها الكيماوى الرقيق. وفى حدود السرعة التى يسحبنا بها القانون الثانى إلى «أسفل التل» فإن هذا الجيش المتعاون من الجزيئات المتخصصة يشدنا إلى الاتجاه العكسى أى إلى «قمة التل». وما دمنا نظل نظمًا مفتوحة، نتبادل الطاقة والأنطروبيا مع بيئتنا، فإنه يمكننا تجنب النتائج المدمرة للقانون الثانى. ولكن يبقى

«الحساء» البدائى مفتقدًا هذه «الكتائب الملائمة» من الكيماويات المتعاونة. وليس ثمة حزَمٌ من جزيئات الإصلاح جاهزة لتطبيق القانون الثانى. إذن على هذا «الحساء» أن ينتصر فى المعركة وحده ضد العناصر الشاذة والتى ليست فقط ثقيلة، وإنما أيضًا ضخمة ومُغَيِّبة العقل.

كيف إذن تكون الإجابة؟ هل الحياة بعد كل شىء معجزة؟، فى الفصل الرابع سوف أهتم بالمحاولات الأخيرة لشرح كيف لخليط كيماوى يمكنه بكفاءة إنقاص الشواذ المتراكمة، والتى تشكل عقبة ضد التركيب أو التآلف العفوى للجزيئات المعقدة. ولكنى أرغب هنا فى تسجيل نقطة عامة. كانت أول الأشياء الحية ومن دون شك، بعيدة فى بدائيتها عن الميكروبات المعروفة اليوم. فأنت لا تستطيع النظر إلى باكتيريا باقية على قيد الحياة، بقنواتها الدقيقة ونظامها الأيضى المتميز، ثم تتوقع أن كل محتوياتها قد صنعت وجمعت عبر تشكلها الأولى من «الحساء» البدائى. ميكروبات اليوم ظهرت فقط بالتدريج بعد فترة طويلة من التصويبات التطورية للخشونة التى كانت عليها فى حالتها الأولى. لقد كانت الحياة المبكرة، مُوحِلة ومتسخة بيوكيماويًا، مما عليه الكائن العضوى اليوم.

وهذا يؤطر لنا مبدأ مهمًا وعامًا: الماكينات البدائية والفجة تكون أشد صلابة من الماكينات المتميزة والرفيعة. وكلما ازدادت رقة الماكينة، أصبحت مكوناتها قابلة للعطب، وقلَّت حصانتها. حاول أن تسكب زيتًا خامًا فى خزان سيارة سباق دقيقة القنوات، ستجد أنه سرعان ما ستصدر عنها أصوات اضطراب، وبعدها تتحول إلى أداة عديمة الكفاءة. قارن ذلك العمل نفسه مع جرّار، فستجد أنه يستطيع الاستمرار فى وظيفته برضًا تام. ويمكن بالحديث نفسه إذا أسقطت جزىء دنا فى «الحساء» البدائى فسوف يصبح عاجزًا عن أن شىء ولكن سلفًا أقل تصويبًا من الدنا ربما يكون صالحًا أكثر ويمكنه التكاثر بنجاح. ويبدو أن الحياة قد بدأت كعملية متداعية للسقوط، ثم صوبت وسارت فى خطها الذى نعرفه بمرور الزمن. وربما كان من غير الممكن تحطيمها. الشواذ من الميكروبات التى تضاءلت مع التركيب الذاتى، والتى لها خشونة وفجاجة الجرار.

المصادفة وأصل الحياة:

أسأل السؤال البسيط: وقد أُعطيت المشارطات التى كانت سائدة على الأرض منذ أربعة بلايين سنة مضت، هل كان محتملاً ما كان عليه من ظهور الحياة؟ الإجابة التالية لن تفيد: الحياة لم يكن منها بد، لأننا موجودون الآن. من الواضح أن الحياة بدأت – ووجودنا يؤيد هذا كثيرًا – ولكن هل كان عليها أن تبدأ أو تنشأ؟ وبكلمات أخرى: هل كان ظهور الحياة من خلال «حساء» كيماوى أمرًا محتومًا ولا يمكن تجنبه، باعتبار كل هذه السنين، بل الملايين منها؟

لا أحد يعرف الإجابة عن هذا السؤال. ربما يكون أصل الحياة مجرد مصادفة، أو حادثة كيميائية مذهلة غير محتملة أو غير مرجحة الحدوث، واقعة لا يُتصور حدوثها مرتين فى كل الكون. أو أنها ربما كانت أمرًا محتومًا ومعتادًا مثل تشكل بللورات الملح. كيف لنا أن نعرف أيًا من هذه التفسيرات هو الصحيح؟

دعنا نلقى نظرة على نظرية المصادفة الكيميائية تلك، وكما سلف شرحه فى هذا الفصل تعتمد الحياة الأرضية على بعض الجزيئات المعقدة والباهرة البناء، والذى أُقيم بعناية. حتى فى جزىء عضوى بسيط مثل الدنا يتكون من بلايين الذرات. والسلسلة المتعاقبة المحددة للذرات هى من الأمور العصيبة والحاسمة، إذ لا يمكنك أن تحصل على نتيجة أو تعاقب اعتباطى أو تحكمى، لأن الدنا تمثل دليل البناء فى صناعة العضو الحى. وتغيير قليل من الذرات سوف يهدد البناء كله، وتغيير عدد كبير منها فلن يكون ثمة «كائن» على الإطلاق.

وهذه الحالة يمكن مقارنتها بتعبير «تعاقب» فى رواية أدبية. قم بتغيير بعض كلمات هنا أو هناك بعشوائية وربما سيشوه الموقف قليلاً. ولكن قم ببعثرة كل الكلمات. وسيكون الاحتمال الأكبر، ألا تكون هناك رواية بعد ذلك وستكون هناك روايات أخرى. بالكلمات نفسها، ولكن بتركيبات مختلفة، ولكن يمكن تحويل

مجموعة سلسلة تعاقب الكلمات التى تصنع الروايات إلى جزء متناهى الصغر من الكل الممكن من سلاسل تعاقبات الكلمات.

في القسم السابق أعطيت نماذج لغرابة كيف يؤدى خلط عشوائى للحامض الأمينى إلى الطريق الصحيح، للوصول إلى جزىء بروتين عن طريق المصادفة. هذا كان لبروتين واحد، بينما الحياة كما نعرفها تتطلب مئات الألوف من البروتينات المتخصصة، ودع عنك جزيئات الحامض. هذا الشذوذ لصناعة البروتين من خلال المصادفة البحتة، أشبه ما تكون نسبته واحد من كل ١٠^٤٠٠٠٠ (ويعنى واحدًا متبوعًا بـ ٤٠٠٠٠ صفر، والذى يحتاج لفصل كامل من هذا الكتاب إذا أردت أن أكتب الرقم بالكامل)، وهنا يكون تصنيف أوراق الكتب، بحيث تخرج مرتبة تصادفًا لألف مرة سهلاً بالمقارنة مع النسبة المذكورة. وفى ملحوظة شهيرة[١٧] للفلكي البريطانى فريد هويل "Fred Hoyle" شبَّهَ فيها تلك الشواذ المؤدية إلى التركيب الذاتى العفوى للحياة بمكافئ أن تكنس عاصفة كل ما في فناء من النفايات، لتنتج عنها طائرة بوينج ٧٤٧ تامة الصنع والأداء.

لقد اعتدت أن ألقى محاضرات فى إمكانية وجود الحياة فى الفضاء الخارجى. وبشكل ثابت فهناك واحد من المستمعين سوف يُسمعنى هذه المقولة: لا بد أن تكون هناك حياة على كواكب أخرى، لأن هناك نجومًا عديدة تبدو، أو لديها بالفعل إمكانيات استيطانها، هى إذن جدلية منتشرة وعامة. وفى رحلة قمت بها مؤخرًا إلى أوروبا للاشتراك فى مؤتمر حول الحياة فى الفضاء، وجدت فى الطائرة أن من بين برنامج تسلية الركاب، ما يتناول البحث عن الحياة خارج الأرض، وكان الوصف الدعائى للعرض يقول[١٨]: مع وجود ٠,٥ تريليون نجم تحلق عبر الحركة اللولبية أو الحلزونية لمجرّة درب التبانة "Milky Way Galaxy"، فإنه يبدو أنه من غير المنطقى الظن بأن كوكب الأرض وحده هو الذى يحوز حياة ذكية، وكان استخدام كلمة «غير المنطقي» من قبيل سوء الحظ أو سوء التقدير.

لأن المنطق سليم مائة بالمائة، وهناك بالطبع الكثير من النجوم على الأقل عشرة بلايين من البليون في الجزء المرئي من الكون، ولكن هذا العدد، وإن كان يبدو لنا ضخمًا فهو مع ذلك صغير بمقارنته مع درجة الشذوذ المهولة لعشوائية التركيب الذاتي ولو لواحد من جزيئات البروتين. ربما يكون الكون كبيرًا ولكن الحياة لو تشكلت مرة من خلال إثارة عشوائية في فناء للفضلات من الجزيئات، فسوف تكون الفرصة ضئيلة لحدوثها مرتين.

بعض الناس يشعرون أن شيئًا أساسيًا مثل وجودنا، لا يمكن إرجاعه إلى مجرد انعطاف كيميائي، ثم إخفاء المشكلة تحت السجادة بعبارة «حادثة» أو «واقعة» كوسيلة للإمساك بقمة المسألة. أحيانًا ما يأخذ مبدأ التوسط هذا الشكل: ليس ثمة شيء خاص أو استثنائي حول مكاننا من الكون، فالأرض تبدو كوكبًا نموذجيًا يدور حول نجم نموذجي في مجرة نموذجية. إذن لماذا لا تكون الحياة على الأرض هي أيضًا نموذجية؟

ولسوء الحظ، فإن مثل هذه الجدلية لن تثمر شيئًا. إن وجودنا نفسه لا بد أن يكون الاستثناء للقاعدة التي نرى أنها غير استثنائية. وإذا كان هناك كوكب واحد عليه حياة، فيتوجب أن يكون كوكبنا! ومن الواضح أننا لن نجد أنفسنا على كوكب لا حياة فيه وهذا بالتعريف ذاته. ومن ثم لن تكون الأرض قد اُختيرت بعشوائية في نموذج الكون، لأننا نحن الذين تخيرناها بوجودنا نفسه.

وبالرغم من هذه الحقيقة التي لا يمكن إنكارها، فعلى العلماء أن يحاولوا شرح العالم في حدود القوانين والمبادئ أيًا ما كان هذا ممكنًا. لن يكون لك مهرب إذا جادلت في أن الحلقات حول زحل قد تشكلت كحادثة تجمع أعدادًا من عناصر تتحرك مستقلة عن بعضها. إن العودة إلى «المصادفة» يجب أن يكون منظورًا إليها كآخر ما يرجع إليه. وهذا لا يعني أن المصادفات لم يسبق حدوثها هي أو غيرها[١٩]، ربما تكون الحياة

على الأرض مصادفة. ولكننا على الأقـل يجـب أن نحـاول وصـف النـشوء الإحيائى كعملية فيزيائية عادية. وفى الفـصول القادمـة. سـوف أُجيـل النظـر فى بعض المقترحات الخاصة بالإقلال من الـضخامة الباديـة لـشذوذ الحـدوث العفوى للحياة.

الهوامش

(١) التطور من الجزيئات حتى الإنسان **"Evolution from Melocules to Men"** والذى أشرف على تحريره د. س. بندال **"D.S. Bendall"**

(Cambridge .University Press, Cambrdige 1983, p. 128)

(٢) يشيع بين البيولوجيين أن المورث العام ليس مجرد خلية واحدة بالمعنى الحرفى، ولكن تجمع من الميكروبات، تستطيع الجينات عبرها الانتقال «متأخرًا» والمقايضة مع الجينات.

(٣) «داروين» **Darwin** لـ: أدريان ديزموند **Adrian Desmond** وجون مور **(Michael Joseph, London, 1991, p. 230). John Moore** ولاحظ أن شجرة الحياة تتنامى مع مسيرة الزمن للأمام بالمقارنة مع عائلة الشجر - على الأقل كبداية - والتى تتنامى إلى الوراء من الزمن.

(٤) انظر على سبيل المثال: التطور فى النظم البينية متطرفة الحرارة على الأرض (وعلى المريخ؟) **"Evolution of Hydrothenmal Ecosystems on Earth and Mars ?"**، الذى أشرف على نشره جريجورى بوك **"Gregory Bock"** وجامى جودى **"Jamie Goode"**

(Wiley & Sons Ltd., New York 1996, Chapter 1 and 2).

(٥) مصدر الضوء المتضام **Stromatolites** يستغرق أو يحيط بأنشطة النظم الميكروبية الأخرى أيضًا بما فيها الطحالب، ومن الصعب القول بماذا تحديدًا تُصنع الأحفورات.

(٦) فى عام ٢٠٠٢ أحاطت الشكوك بقائمة معلومات الوارلوونا **"Warrawona"** كدليل على الأحفورات الماكروية، وذلك بواسطة مارتن برازيير **"Martin Brasier"** من جامعة أوكسفورد **(See Nature 416, 76 (2002))**.

(٧) لمزيد من فهم للوضع الجيولوجي الحالي والذي يقترح أن هذه العضويات تعيش في نظم متطرفة الحرارة بالقرب من قاع الكالديرا Caldera الفيضانية وعلى ذلك تكون معتمدة على الكيماويات Chemotrophs عن أن تكون الباكتيريا الزرقاء: داكنة اللون Cyanobacteria.

(٨) دليل على الحياة فوق الأرض منذ ٣٨٠٠ مليون سنة مضت « Evidence for life on Earth before 3800 million years ago» لـ: س.ج. موجزلز وآخر " S.J. Mojzsls et al». ((Nature 384, 55, (1996)). ومع ذلك ففي أواسط عام ٢٠٠٢ قامت شكوك جادة على مصداقية هذه النتيجة.

(٩) الحياة فيما وراء الأرض 'Life Beyond Earth' لـ: جيرالد فينبرج Gerald Feinberg وروبرت شابيرو 'Robert Shapiro». (William Morrow, New York 1980, p. 113).

(١٠) سر أصل الحياة 'The Mysteryot Lif's Origin' لـ: شارلز ثاكستون " Charles Thaxton"، وولتر برادلي 'Walter Bradley'، وروجر أولسن Roger Olsen .

(Philosophical Library of New York, New York 1984, p. 12).

(١١) التطور من الجزيئات حتى الإنسان الذي أشرف على تحريره د.س. بندال

(Cambridge University Press, Cambridge 1983, p. 128).

(١٢) اقتباس من خلق الحياة 'The Creation of Life' لأندرو سكوت 'Andrew Scott».

(Blackwell, Oxford 1986, p. 49).

(١٣) اقتباس من: العوالم وهي في حالة الصنع Worlds in the Making لـ: سفانت أرهينيوس Svante Arrhenius".'.

(Harper, London 1908, p. 216).

(١٤) لو حدث تفاعل ما فوق سطح، مثل الوحل أو الطفلة أو الصخر، سيكون مختلفًا عن جسم في مياه حساء لأن اعتبارات الديناميكا الحرارية ستتحول لصالح التركيب والتأليف.

(١٥) وهذا أزيد كثيرًا على عدد الذرات في الكون المرئي أو الملحوظ.

(١٦) ادعى فوكس **Fox** نفسه أن الأمر الصحيح لم يحدث من خلال المصادفة، ولكن الكيمياء نفسها هي التي فضلت الشريحة المتناهيـة الـصغر لسلـسلة الببتيـدات ذات الـصلة بالبيولوجيا. انظر على سبيل المثال: تطور الجزيئـات وأصـل الحيـاة " **Molecular Evolution and the Origin of Life**" الذي أشرف علـى تحريـره س. فـوكس **S.Fox** و. ك. دوز **(Marcel Dekker, New "K. Dose" York 1977)** .. والادعاء بأن الكيمياء تعرف شيئًا على نحو ما عن البيولوجيا هو مجـرد نفايـة تثيـر الغضب، وهو ما سأعود إليه في الفصل العاشر.

(١٧) الكون الذكي "**The Intelligent Universe**" لـ: فريد هويل "**Fred Hoyle**».

(Michael Joseph,London 1983, p. 19).

(١٨) أمنية "**Omnia**"

(British Air Ways Fligt Mgazine September / October 1997, p. 26).

(١٩) هو تفسير يعتمد على ظروف نزوية، ولو أنه ليس مستحيلاً، وإن كـان غيـر محتمـل وراثيًا. أي في زمن ماض ونحن ربما نأخذ بالأفضليات أو المميزات في مواجهـة تلـك الظروف وكمقياس كمي لما لا نعتقد به، أو لنقص الثقة في نظرية الحظ السعيد أو القائمة على رمية بغير رامٍ.

الفصل الـــــرابع

الرسالة التى تبعث بها الآلة

فى يوليو من عام ١٩٩٧ نشر العلماء صورًا لآلة جيتار لا يتجاوز حجمــه خلية بشرية واحدة، ولا تزيد تخانة أوتاره على تخانة مائة ذرة. وهذه الآلة القزمية **Lilliputian**(*). كانت منحوتة من السيلكون **silicon**(**) المتبلور الشفاف عبر تقنية حفر تستخدم فيها حزمة أشعة أليكترونية. وكان المقصود بها التحايل لسير مــشكلة ما، ولكنها بطريقة درامية سلطت الضوء على تقدم تقنى مهم: الآلات يمكن صنعها الآن فى هيئة متناهية الصغر لدرجة أن يصعب رؤيتها بالعين المجردة. لقد صــنع العلماء تروسًا لا ترى، وموتورات فى حجم رأس سن القلم الرصاص، ومحــولات كهربائية ضئيلة الحجم لدرجة أن تتعادل مع جزىء بشرى. وحتى نجــد مهندســى شركة **IBM** وقد استطاعوا أن يختموا سطحًا كريستاليًا باسم الشركة بحجم يعــادل صفًا من الذرات الواحدة بجوار الأخرى. وعلى الجملة فإن تقنية النانو (الجزء من المليار) تمثل برعمًا يزدهر ويَعِد بتثوير نمط حياتنا: وهى تقنية البناء بمقياس يصل إلى جزء من البليون من المتر.

هذه المنجزات «النانوية» تخطف الأنفاس بحــق فــى مجــال تطبيقاتهــا، ولكننا يجب ألا نفقد رؤيتنا لحقيقة أن الطبيعــة هــى التــى كانــت نانويــة فــى البدء. والعالم مملوء بالفعل بالآلات النانوية، والتى يطلــق عليهــا اســم الخلايــا

(*) تعبيرًا عن الأقزام (لا يتجاوزون طول الإصبع) المتخيلين من سكان جزيرة ليلى بوت الخيالية (المترجم).

(**) عنصر لا فلزى (المترجم).

الحية. وكل خلية محتشدة ببنـاءات صـغيرة، وكأنهـا قادمـة علـى التـو مـن كتيب إرشادات لمهندس ما. لاقطـة الحـروف الـصغيرة ومقـصات (شـبيهات المقصات) والمضخات، والموتـورات، والروافـع، والـصمامات، والمواسـير، والسلاسل، وحتى العربات الـوافرة هنـا وهنـاك. كـل المكونـات المتنوعـة تتلاءم مع بعضها البعض، مُشَكِّلة في مجموعها توظيفًـا ناعمًـا وسـهلاً، تمامًـا كخط إنتاج متعاون الأجزاء في مصنع: تلك هي الخليـة الحيـة. هـذا ومعجـزة الحياة لا تنحصر في أنها مـصنوعة مـن أدوات نانويـة، ولكـن فـي أن هـذه الأدوات المتفرقة في نوعيتها مدمجة مع بعضها بطريقة رفيعة التنظيم.

ما سر هذه المنظمة المدهشة؟ كيف لذرات غبية أن تفعـل ذلـك؟ وبـصفة فردية، فإن الذرات يمكنها أن تتدافع مع جاراتها وتتوائق أو ترتبط معها فيمـا إذا كانت الظروف صحيحة. والتي على نحو جمعي، تحقـق أعاجيـب مـن البنـاء والسيطرة في درجة من التناغم المنضبط والمعقد، والذي لا يـستطيع أي مهنـدس بشري أن يصل إليه على نحو ما اكتشفت الطبيعة – ولحسابها الخـاص – كيـف تقوم بذلك. لقد عرفت كيف تبني هذه الآلة المعقدة التي يـصعب تحليلهـا، والتـي نسميها الخلية الحية، مستخدمة فقط المواد الأولية المتاحة والمختلطة مـع بعـضها البعض بغير انتظام. وهي تكرر هذا العمل الفذ كل يوم في أبداننا وفي كل لحظـة تولد فيها خلية جديدة. إن هذا في حد ذاته يعتبر إنجازًا مدهشًا. والأكثر من ذلك أن الطبيعة صنعت أول خلية من أول الخط.

كيف تم ذلك؟

إنني كفيزيائي متواضع حين أفكر في الحيـاة علـى مـستوى الجـزيء، فإن السؤال الذي يظل يلح على ذهني هو: كيـف لكـل هـذه الـذرات التـي لا

عقل لها أن تعرف ماذا تفعل؟ إن تعقيد الخلية الحية لشيء هائل، إنه يشابه مدينة فى أقصى حالات النشاط القائم على التعاون. كل جزىء فيها له وظيفة محددة، وله تصنيفته في المخطط العام، بحيث يتم إنتاج المطلوب. ثمة كثير من التعديل والإبدال يتم هناك، حيث على الجزيئات أن ترتحل عبر الخلية لتلتقى مع أخريات فى المكان المناسب وبنظام محدد يسمح بأن تقوم المجموعة بعملها بطريقة ممتازة. وكل هذا يتم دون قائد أو رئيس يحدد لها الخطوات أو الموقع الذى يتحركون منه أو إليه. ليس إذن ثمة مشرف يراقب أنشطتها. فالجزيئات ببساطة تقوم بما عليها أن تعمله: تقوم بحركتها الداوية وهى عمياء، وتلتقى بالأخريات من نظائرها وتتعانق معها بعد الارتطام. وعلى مستوى الذرات المفردة فإن الحياة أشبه بمجتمع مثالى من دون حكومة تقوده – تتخبط فى فوضى لا هدف لها. ولكن على مستوى الجماعة فإن هذه الذرات المفتقدة للتفكير تؤدى وتقوم معًا بأداء ما يمكن أن نسميه «رقصة الحياة» على درجة من الدقة الرائعة والشديدة الحساسية.

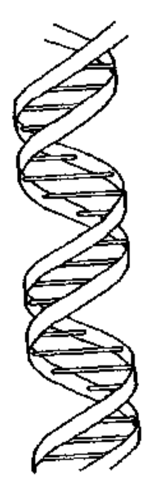
هل للعلم أن يشرح هذه العملية الرائعة والفخيمة بشكل استثنائى وذاتى القيادة وهى تعزف لحنها دون قائد للأوركسترا سوى ذاتها؟ ثمة بعض من الناس يرفضون ذلك بشكل سطحى(١). ويعتقدون أن الخلية الحية، والتى يسودها التعاون الشديد فى إطار خطة فى أقصى درجات الانضباط، ليست مع كل هذا نتاج قوى فيزيائية عمياء وحدها. ويقول إن العلم ربما يُقدِّر هذا الملمح الفردى، ولكنه لن يستطيع أبدًا أن يشرح الوضع الكلى العام لمنظمة من هذا النوع، أو كيف تجمعت أو تركبت الخلية الأصلية فى أول الأمر.

وأنا هنا أختلف مع هؤلاء، معتقدًا أن العلم فى نهاية الأمر سوف يتسنى لـه أن يعطينا تفسيرًا مقنعًا لأصل الحياة. ولكن فقط إذا ما تم الإمساك بالمسألة علـى مستويين: الأول على مستوى الجزىء، وهو موضوع هذا الفصل، والـذى حقـق التقدم فيه درجة عالية من التأثير. فعلى مدى عقود قليلة مرّت، حققت البيولوجيـا الجزيئية خطوات واسعة فى تحديد أى جزىء يفعل ماذا من أجل ماذا. وقد «وُجـد على الدوام أن الطبيعة بأدواتها النانوية تعمل طبقًا لقوانين وقوى الفيزياء العاديـة» ومع ذلك سيكون من الخطأ افتراض أن الجزيئات هى كل ما هنالك بالنسبة للحياة. ونحن لم نعد نشرح الحياة بواسطة تصنيف أنشطة الجزيئات بـأكثر مـن تقـديرنا لعبقرية موتسارت **Mozar** أو أينـشتاين أو كيـف تعمـل العـصبونة العـصبية **"neurone"**(*). وباستخدام العبارة المألوفة: فإن الكل أكبر من كم أجزائه. وهو مـا يعنى أن كلمة «عضوى» **organism** ذاتها تفيد التعاون على مستوى جمـاعى، لا يمكن إدراكه من خلال دراسة أجزائه فقط. ومن دون فهم هذا النشاط الجمـاعى، فسنكون قد شرحنا الحياة على نحو جزئى فقط.

ضاعف ثم ضاعف: أو كرّر التجربة واستمر فى التكرار:

لقد وضعت التناسل أو التكاثر فى الفصل الأول قريبًا من قمة قـائمتى فـى تعريف خصائص الحياة. ومن دونه تتوقف الحياة طال الوقت أو قـصر. ولوقـت طويل لم تكن لدى العلماء سوى أفكار قليلة عن كيف للحياة العضوية أن تعيد إنتاج ذاتها. كانت هناك فكرة غامضة عن وجود ثمة جينات غير مرئيـة تنقـل رسـالة عضوية من جيل إلى الجيل الذى يليه، فكرة لا تكشف إلا القليل عن كيـف تقـوم الخلايا بذلك. ومع التقدم فى البيولوجيا الجزيئية، واكتشاف الدنا **DNA**، فقد وُجـد حل لهذا الغموض أو السر.

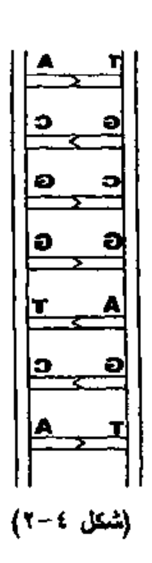
(*) العصبونة العصبية هى مركز أو موقع التلاقى بين الشبكات العصبية بالمخ (المترجم).



(شكل ٤-١)

حلزون مزدوج. بناء جزىء الدنا هنا يظهر على نحـو تخطيطـى. ولاحـظ أن الخطين الحلزونيين يرتبطان معًا بروابط عرضية. تلك التى تلعب الدور الحاسم فى حفظ المعلومات البيولوجية.

وبالوصول إلى ضرورة المسألة، فإن سر التناسل يكمن فى تكرار تجربـة الجزيئات ونسخ ذواتها. وقد تبدو مسألة أن الجزىء يصنع نسخة مـن ذاتـه، ذات طابع سحرى، ولكنها فعليًا مجرد عملية مستمرة، وفى خط مستقيم يتجـه للأمـام. والفكرة الرئيسية فيه تقوم واقعيًا على خضوعها لقواعد تجربة هندسية أولية. وقـد تكون الفكرة الأولى التى يمكن استخلاصها واضحة، ولكنهـا حاسـمة الأهميـة: الجزيئات لها أشكال واضحة لا لبس فيها. الجزيئات العضوية ليست مجرد شـكل كروى بسيط أشبه بالفقاقيع، إنما هى التى تنحت بصفة مبدئية كل ملحقات الجـسد، مثل الأذرع والكيعان والفجوات والحلقات. ولولا قوى التبادل الذرى التى تملـى أو تأمر من التى تعصى أو تتمرد على من، ما كان الأمر ليتم. إنها عموميـة البنـاء الثلاثى الأبعاد للجزئيات العضوية التى تحدد بقوة فيما يشبه «الاصطنبة» (القالـب أو الطراز أو النموذج) قابلياتهم البيولوجية. لقـد كـان الفلاسـفة الفيثـاغوريون "**Pythagorean**" هم الذين إعتقدوا أن الهندسة هى مفتاح العالم أو الكـون، ولـذلك أتوقع أنهم كانوا سيسعدون للنتيجة التى أشرت إليها.



(شكل ٤-٢)

دنا غير مجدولة: هنا الحلزون المزدوج قد تم تصويره، بحيث يكشف عما يشبه السلم. ودرجات هذا السلم تتكون من أزواج متتامة مع بعضها من الجزيئات، آخذة شكل القفل والمفتاح على نحو متضام وحميمي.

الدنا تمثل قاعدة المعلومات «البنكية» - إذا جاز التعبير - ذات الطابع الجيني. وهي القائمة بتكرار التجربة (إعادة طبع أو نسخ ذاتها)، التي ترقد أو تكمن في قلب عملية التكاثر البيولوجية. ودعني أصف لك كيف تقوم الدنا بإعادة نسخ ذاتها، مستخدمةً عمليةً هندسيةً بسيطة. بناء الدنا هو ذلك الحلزون المزدوج الشهير، الذي اكتشفه كل من كريك "Crick" وواتسون "Watson" في بواكير الخمسينيات من القرن الماضي، وتظهر تركيبته على نحو تخطيطي في الشكل «٤-١»، ولاحظ أن الخطين الحلزونيين المجدولين يرتبطان بروابط عرضية توثق بينهما. وبالنسبة لتفسيري، فإن الشكل الحلزوني هو أمر ثانوي واتفاقي، وعلى هذا، ولكي تكون الأشياء أكثر بساطة، تخيل هذه المجموعة من اللفات المجدولة في الحلزون قد تم فردها لتشكل نوعًا من السلالم (انظر الشكل ٤-٢). فإن درابزين السلم هما الخطان الحلزونيان، أما درجات السلم فهي تتطابق مع الروابط العرضية. وتقوم هذه الدرجات بدور «السقالات» في البناء، والتي تمسك أو تربط

الجزيئات مع بعضها البعض. ويتركز عمل الجزء الخاص بالدنا على هذه الدرجات العرضية.

وهذه الدرجات ليست كلها متساوية، ولكنها تقوم على تنويع من الجزيئات تسمى النيوكليوتيدات **nucleotide**(*). والتى تقوم بدورها على قاعدة من مواد تحمل أسماء كيماوية: أدينين **adenine**، وجوانين **guanine**، وسيتوزاين **cytosine**، وثيامين **Thyamine**(**)، والتى يشار إليها جميعًا بالأحرف الأولى من أسمائها الإنجليزية **A, G, C, T** للاختصار، (والتى سنداوم على استخدامها هنا لتلافى الإرباك). وكل درجة سلم تتشكل فعليًا من زوجين من هذه القواعد من كل نهاية لها إلى النهاية الأخرى الموثقتين بالدرابزين، وهنا بالذات تظهر الهندسة. نجد أن **A** مصنوع خصيصًا لغرض يتلاءم جيدًا مع **T**، بينما **G, C** مصممان بإحكام ليأخذا هذا الموقع معًا من البناء العام. والقوى التى تربط هذه الأزواج القاعدة هى فى العادة أقرب إلى الضعف. تخيل أنك سحبت بقوة درجتى السلم بحيث يبتعد كل منهما عن الآخر، كما لو قام منشار بنشرهما من وسطهما (انظر الشكل ٤-٣)، وبالتالى ستبدو كل درجة سلم وكأنها مجداف وحيد له ذراعان منفصلتان، وهى القواعد غير المتضامة، وافترض أن إحداهما تحمل المتتابعة **TGCCAETT**، فبالتالى ستحمل الذراع الأخرى المتتابعة المتممة لها **ACGGTCAA**. ويمكنك بالتالى إعادة تركيب السلم بأن تصفَّ قاعدة الأزواج الصحيحة مرة أخرى وتطبق على النهايات المفتوحة فى كل درجة سلم ليتضامّا معًا مرة أخرى. وفكرة أن كل قاعدة فى جزىء الدنا لها شريك بهذا الشكل يجعل من درجة السلم نوعًا من الطابعة بالنسبة للدرجة الأخرى من السلم، فإذا كانت لديك جديلة واحدة لا تقلق، حيث يمكنك أن تعرف شكل بناء الجديلة الثانية باستخدام قواعد أو قوانين الأزواج: **A** مع **T** و **C** مع **T**.

(*) أحد المكونات الأساسية للحمض النووى والمتكونة من أساس «بوريني»: بعض السكر وبعض الفوسفور (المترجم).

(**) وجميعها تشكل الأساس البوريني للحموض النووية: الدنا والرنا والسابحة ضمن المادة السائلة السيتوزيل sytosel غير القابلة للانحلال فى هيولى الخلية (المترجم).

تلك هى قاعدة الطبع أو التضام القائمة عليها عملية النسخ. ولكى تعرف كيف؟ تخيل أن بعضًا من الحلزون المزدوج لا يعمل بالهمة والنشاط اللذين وصفتهما قبلاً، تاركًا بعضًا من القاعديات غير الملحقة بالنظام، تخرج بعيدًا عن الجديلة. فلو أن هناك مددًا من قاعديات جزيئية حرة – T,s و C,s و G,s و A,s – تطفو أو تقوم فى الجوار، فسوف تميل للاقتراب من خلال ضيق الحيِّز المتاح وتربط نفسها بالجزء المقطوع المعرض للخطر على نحو A لـ T، و C لـ G، و T لـ A، و G لـ C، وهكذا وعلى نحو أوتوماتيكى يعيدون بناء جديلة متضامة من جديد. وما دامت قواعد الزوجيات تعمل على نحو صحيح، فإن الجديلة الجديدة من المضمون أن تكون متطابقة مع الجديلة الأصلية. وبالتالى، فإن أى جزىء دنا قد تم جذبه إلى خارج موضعه، بحيث يبقى الجزىء الآخر من الجديلة معرضًا للخطر، فسوف يبنى لنفسه جديلة جديدة مشاركة له، أى سيكون هناك جزيئا دنا بدلاً من واحد. ولاحظ أن هذا النوع من طبع النسخة لا يتشابه مع النسخ من خلال آلة تصوير مستندات، إنما هو أشبه من طبع نسخة من الصورة باستخدام النيجاتيف (النسخة السوداء التى تمثل أصل الصورة «المترجم»).

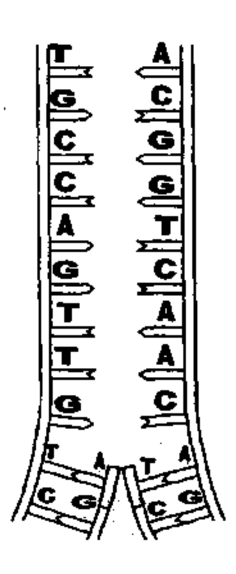
وهكذا يكون التكوين البنائى لتكاثر الدنا قد تم شرحه، ولكن يبقى السؤال حول الجينات وعملية الوراثة. كيف للدنا أن تقوم بتخزين المعلومات الجينية ونقلها؟ وهنا يجىء دور القاعديات الأربع المختلفة. وقد يمكنك التفكير فى T, C, G, A كأربعة حروف أبجدية، والتتابع المحدد للحروف، يمكن أن يستخدم فى التعبير عن رسالة. والجين ببساطة عبارة عن خيط أو سلك طويل مع قاعدة من الأزواج أو الحروف التى ينقل كل زوج منها جزءًا من الرسالة. عندما تتكاثر الدنا من تطابق تعاقبى يكون قد تم بناؤه فى النسخة الجديدة.

وبسبب من إزدواجية السلك الممتد على نحو حلزونى والطابع المتضام أو المتتام للعملية، فإن كل جزىء دنا يشتمل فعليًا على نسختين من الرسالة، واحدة إيجابية **positive** والثانية سلبية **negative**، وهكذا تكون المعلومات التى يحتاج إليها جزىء دنا كامل، مُتضمنة فى كل واحدة من الجدائل.

وتتم عملية التكاثر بفاعلية كبيرة بمساعدة بعض الإنزيمات **enzymes** التي تسهل مسألة النشاط والحيوية التي تتم بها وأيضًا بعض العمليات المتصلة بها. وكدليل على هذه الفاعلية البالغة، فإن البناء الأساسي للدنا قد استمر في البقاء لأكثر من ثلاثة بلايين سنة. ومع ذلك فإن عملية التكاثر ليست تامة مائة في المائة، ولا مفر من وقوع أخطاء من وقت لآخر. وهذه ستغير تتابع القاعديات مثل عملية بعثرة للحروف **AGCT**. ولأن الدنا عبارة عن وصفة لصنع كائن عضوى، فإن الرسالة لو انحرفت قليلاً أثناء ظرف التكاثر، فإن الكائن العضوى الناتج عنها ربما سيعانى من عملية «تحول». وأخطاء النسخ هذه، هي مصدر التنوع بين الأجيال والتي تمارس فيه عملية الاختيار الطبيعي دورها. ومسألة الرسالة الجينية طويلة بشكل مؤثر لأنه على سبيل المثال تشتمل باكتيريا بسيطة كـ **E.Coli** على عدة ملايين من الرموز في طريقتها الجينية، (الجينوم هو منظومة كاملة من الجينات) كافية لملء ألف صفحة من كتاب. أما الخريطة الجينية البشرية، فربما تحتاج مكتبة بأكملها. وكما شرحت في الفصل الأول، فإن الدنا تحتوى على المعلومات الكاملة التي يحتاج إليها صنع وبناء الكائن العضوى، الذى تنتمى إليه، تخيل أنت هذا المشهد، وهو أن الحياة عبارة عن خيط أو سلك من أربعة حروف.

صنع الحياة:

لقد جعلت الحياة حتى الآن تبدو، وكأن الدنا هو بيت القصيد فيها والجينات، والتكاثر. وهذا صحيح ولكن من خلال نظرة بيولوجية ضيقة، حيث تنحصر الحياة في تكاثر الجينات. ولكن الدنا لا تمثل شيئًا في حد ذاتها، إذ لا بد من بناء الخلية بكل كيميائياتها المتخصصة والتي تؤثر فعليًا على عملية التكاثر، وفي مستويات أعلى من أشكال الحياة، يلزم أن ينبني كائن عضوى كامل من أجل إقامة عملية التكاثر، ومن ناحية الرسم المنظورى للخريطة الجينية فإن الكائن العضوى يمثل طريقًا غير مباشر لتكاثر الدنا.



(شكل ٤-٣)

التكاثر: الخاصية المفتاح للحياة. إذا انفصلت الدرجات العرضية للسلم عن بعضها البعض، فإن الأجزاء المبتورة يمكنها أن تغوى القاعديات المنفردة الصحيحة، والتى قد تكون طافية حولها، لكى تبنى سلكًا متصلاً ونشيطًا وجديدًا، وحين يفعل كل نصف دنا هذا، فإن الجزىء سيكون قد نسخ نسخة من ذاته.

لماذا تحتاج الجينات لكائن عضوى متكامل حتى تمد يدها فى الأمر؟ لماذا لا يتكاثرون هم ولذواتهم فقط؟ ستكون الإجابة: لأن الكائن العضوى يستطيع أن يفعل أشياء مثل التحرك من المكان الذى يتعرض فيه للخطر إلى مكان آخر، وأن يجمع غذاءه من المواد الأولية وهذا يساعد الدنا على التكاثر بشكل أكثر فاعلية، أما بناء كتلة حيوية كبيرة، فيحتاج إلى مَدَدٍ آخر، لا يصلح له الدنا. وهذا المدد الآخر يتحصل بشكل رئيسى فى هيئة بروتين **protein**(*). والذى بتعبير ثانٍ أهم مستوى

(*) أى صنف من المركبات ذات الوزن الجزيئى المرتفع، والمركبة أساسًا من وحدات صغيرة، هى الحموض الأمينية التى تتصل ببعضها بروابط ببتيدية. (المترجم).

فى الجزيئات العضوية المتخصصة. وكما أشرنا قبلاً، فإن الحياة كما نعرفها هـى النتيجة الجوهرية لصفقة التحول المفيدة المتأثرة بزوجين مـن الجزيئـات: الـدنا والبروتين.

البروتين هو المصادفة السعيدة غير المتوقعة للدنا لإمكانية استخدامه فى بناء مواد مثل جدران الخلايا والإنزيمات enzymes(*)، وهى التى تلاحظ وتسرّع ردود الفعل الكيماوية والإنزيمات هى المادة الكيماوية التى تقوم بـ «تزييت عجلـة الآلـة البيولوجية». ومن دونها، فإن عملية الأيض سوف تتوقف، ولن تكون هناك طاقة كافية متاحة لعملية الحياة. ومن ثم لا يدهشنا أن جزءًا كبيرًا من قاعدة المعلومـات المخزنـة يدور حول كيفية صنع أو إنتاج البروتين.

هنا سنعرف كيف يتم إنجاز هذه التعليمات. تذكر أن البروتينات هى سلـسلة طويلة من الجزيئات المصنوعة من الكثير من الأحماض الأمينية المصفوفة معًـا، مشكلة ما يسمى بالـ: بولى بيبتايـد **Poly peptide**. وكـل تتـابع مختلـف مـن الأحماض الأمينية يُغل إنتاجية مختلفة من البروتين، والدنا لديها قائمة بالبروتينـات المرغوبة التى يحتاجها الكائن العضوى. وهذه المعلومات مخزّنة بواسطة تـسجيل التتابعية الخاصة للحامض الأمينى، الذى يحدد كل نوع مـن البـروتين تتـضمنه القائمة. وهى فى هذا تستخدم الحروف الأبجدية الأربعـة للـدنا: **AGCT**، وكـل تتابعية محددة من هذه الحروف تنفث وصفة الحمض الأمينى، بروتين بعد بروتين بالضبط عدة مئات من الأزواج القاعدية لكل منها.

ولكى تصبح هذه القائمة الجافة من الأحمـاض الأمينيـة قابلـة للتركيـب والتجميع والقيام، من ثم بوظيفتها كبروتين، فإن الدنا تطلب المساعدة من جـزىء آخر قريب الصلة بها يعرف باسـم الرنـا **RNA** (اختـصـار الحـامض الريبـى

(*) سلسلة من الأحماض الأمينية تحوى ما يزيد على ١٠ أحماض ويقل عن ١٠٠ حمض أمينى، كما لا يزيد وزنها على ١٠٠٠ دالتون (وحدة لقياس الكتلة تعادل ١/١٢ من كتلة نواة الكربون (المترجم).

(ribonucleic acid) والرنا بدوره مكون من أربع قاعديات AGCU، وهذا الحرف الأخير U يرمز للـ: يوراسيل uracil المشابه للـــ: T ويخــدم نفــس الغــرض الألفبائي. وتجيء الرنا في عدة تنوعات، والذي يهمنا منها هنا هو الــذي يعــرف بالرنا المرسال "messenger RNA"(*) واختصارًا: m RNA. ووظيفتــه أن يقــرأ الوصفة الخاصة بالبروتين المطلوب وينقلها إلى «مصانع» رفيعة جدًا والتي فيهــا يتم صنع البروتين، وهذه المصانع الصغيرة تسمى ريبوســومات ribosomes(**). وهي عبارة عن آلات معقدة يقوم بناؤها على الرنا والبروتين بمختلــف أنواعــه. وتقبع الريبوسومات في شقوق ضيقة حيث تتم تغذيتها بواسطة «المرســال» الــذي يكاد يشبه هيئة الشريط المثقب الذي يستخدم في كمبيوتر من الطــرازات القديمــة. وشريط المرسال هذا يحدث صوتًا شبه انفجاري في الريبوسوم والتي يحمل بعــدها التعليمات في شكل «بتة» بعد «بتة»، ممسكًا بالأحماض الأمينية معًا، واحدًا بعــد الآخر في تتابع محدد حتى يتلقى البروتين كامل تعليماته. هذا، والحيــاة الأرضــية تصنع البروتين من ٢٠ نوعًا مختلفًا من الأحماض الأمينية[٢]. وتسجيلات المرسال هذه هي التي تقوم بعدها الريبوسومات بوضعها معًا بالنظام المطلوب الصحيح.

إنه لمن المثير للاندهاش والعجب أن ترى الريبوسوم وهــو يقــوم بــربط الحموض الأمينية في شكل سلسلة. ومن الطبيعي أن الأحماض الأمينية تأتي طائعة ومجبرة لتنتظم في النظام المُتَطلَّب، جاهزة لأن يتم إمساكها في النهاية فــي شــكل سلسلة. وعليه كيف يتسنى للريبوسوم أن يتأكد من أن مرســال الرنــا قــد تلقــى الحمض الأميني المحدد في كل خطوة من خطواته؟ سنجد الإجابة في تشكيل آخــر من جزيئات الرنا باسم الناقل transfer. ويختصر في t RNA وكل جــزيء مــن

(*) مركب يتألف من سلسلة وحيدات نوويدية أحادية الفوسفات، يحوي كل منها سكرًا خماسيًا هو الريبوز مع قاعدة نوويدية، هي إما الأنوداين وإما الغوانين وإما السيتوداين أو اليوراسيل، وله ثلاثة أنواع: الناقل والمرسال والريباسي: ووظيفته الأساسية هي نقل المعلومات الوراثية من الدنا (المترجم).

(**) والريبوسوم هو عُضيٌ يوجد في الخلية تصنع فيه البروتينات عن طريق ربط الحموض الأمينية في سلسلة متنامية وبمعدل يصل إلى ١٥ حمضًا أمينيًا في الثانية (المترجم).

الرنا الناقل يُحضر لخط الإنتاج فى مصنع الريبوسوم نوعًا واحدًا فقط من الحموض الأمينية مقيدًا فى نهاية سلسلته.

وفى كل مرحلة من مراحل تركيب البروتين، تكمن الخدعة فى الحصول على الرنا الناقل الصحيح مع الحمض الأمينى الصحيح الملحق به ليتخلص من حمولته وينقلها لنهاية سلسلة البروتين النامى الآخذ فى التجمع والتركيب، بينما يرفض أى من الـ١٩ نوعًا الباقية التى قد تكون معروضة له. وهذا يتم كالتالى: يقوم الرنا المرسال (تذكر هنا أنه الذى يحمل التعليمات) بكشف جزء من المعلومات (مثل منظومة من «الرسائل») التى تقول: «أضف حمضًا أمينيًا كذا وكذا الآن». ويتم تنفيذ التعليمات بشكل صحيح لأن جزىء الرنا الناقل والمستهدف يحمل للحمض الأمينى المعين، سوف يتعرف على الجزء المعروض من المرسال بواسطة شكله وخصائصه الكيميائية، ومن ثم يرتبط بها. أما الجزيئات الأخرى من الرنا الناقل الذى يحمل الحموض الأمينية الخاطئة، فلن تتناسب مع موقع الارتباط ذاك. وبمجرد حدوث هذا الإغواء لجزىء الرنا الناقل الصحيح ليتم استيلاده فى خط الإنتاج، تكون الخطوة التالية أن يقوم الريبوسوم بحث الحمض الأمينى الواصل حديثًا فى الحمولة لكى يلحق نفسه بآخر سلسلة البروتين. والسلسلة تنتظر فى الريبوسوم، متدلية من نهاية الجزىء السابق من جزىء الرنا الناقل المختار. وعند هذه اللحظة يتحرر آخر جزىء وينفصل عن الريبوسوم، مارًا على السلسلة بأكملها إلى الواصل الجديد من الرنا الناقل، حيث ترتبط بالحمض الأمينى الذى حمله معه. وحينئذ تنمو السلسلة بإضافة الأحماض الأمينية برأسها عوضًا عن ذيلها. وإذا كنت لم تستوعب أو تتابع جيدًا سير العملية من قراءة ما سبق فلا تقلق، لأن الأمر ليس ضروريًا لفهم ما سيلى. أنا فقط وجدت أنه من المناسب أن تشترك معى فى الاندهاش الناجم من سير العملية بأن تنغمس معى فى بعض التفاصيل.

عندما يستكمل البروتين تركيبه، يتلقى حينئذ الريبوسوم إشارة «توقف» من «شريط» مرسال الرنا، وتنقطع السلسلة لتصبح حرة. تَجَمَّع البروتين الآن ولكنه لا

يبقى فى الخارج أشبه بثعبان، إذ بدلاً من ذلك يتكور فى شكل كرة مقصوفة، أكثــر منه كشكل قطعة بلاستيك مطاطة، تَمَّ فردها ثم تحررت من الشد لتعود إلـــى مـــا يقترب من شكلها قبل الشد. وعملية التكور أو الإنثناء هذه، ربمـــا تـــستغرق عـــدة ثوانٍ، ولكنها تظل جزءًا من سر كيف يُحقِّق البروتين شكله النهائى. وهـــو لكـــى يعمل شكلاً جيدًا، فإن الشكل الثلاثى الأبعاد للبروتين لا بد أن يكون صـــحيحًا مـــع المضخات والروافع جميعها فى مكانها الصحيح، وأيـــضًا تـــدور حولـــه الـــذرات الصحيحة. وبصفة مطلقة، فإن التتابعية الخاصة للحامض الأمينى مع السلسلة هـــى التى تحدد هيئة التشكل النهائى للأبعاد الثلاثـــة، وبالتـــالى الخـــصائص الفيزيائيـــة والكيميائية للبروتين.

هذه التتابعية المهولة واللافتة للنظر من الوقائع تتكرر فى عـــشرات الآلاف من الريبوسومات المنتشرة فى كل أنحاء الخليـــة، لتنـــتج عـــشرات الآلاف مـــن البروتين. إن التكرار هنا يستحق أن يُنْجِز، بالرغم من وضوح الغرض، باعتبـــار أن الجزيئات المشاركة فى الأمر، ليس لها عقل. وبصفة جمعيـــة فـــإنهم يقومـــون بتعاون نمطى نموذجى كما لو كان تطبيقًا لحظة معينة. ولكـــن علـــى المـــستوى الفردى للجزيئات فإنها فقط تقوم بالعمل المفترض فيها. وحركة مرور الجزيئـــات داخل الخلية لا بد أن تكون عشوائية أو مشوشة، تقودها عمليات التجاذب والتنـــافر الكيميائية، وعلى الدوام هى مثارة بفعل الطاقة الحرارية. وعلاوة على ذلك فإنه فى وسط هذه الفوضى العمياء تبرز «الصدفوية».

وربما فى ضوء ما ذكرت، والذى قد يكون مثيرًا، فقد يعطيك الانطباع بأن الحياة فضلاً عن التكاثر، فإن صناعة البروتين هى كل شيء فى مسألة «الحيـــاة». بالطبع من السهل أن تخرج بهذا الانطباع مـــن الاطـــلاع علـــى الكتـــب العاديـــة للبيولوجيا الجزئية. ومهما كانت «صناعة البروتين» بمثابة توصيف وظيفى جيـــد للدنا، فبالتأكيد لا بد أن هناك ما هو أكثر من ذلك فى مسألة الحياة هذه؟ ماذا عـــن الطقوس الحميمة؟ بناء أعشاش الطيور؟ وماذا عن البناء الاجتماعى؟ ومـــاذا عـــن

السلوكيات المثيرة للحيرة والارتباك مثل هجرة الطيور؟ ونسج المقـرات الـشبكية للعناكب؟

لكى تفهم الحياة فى كلِّيتها وروعة تعقيداتها يعنى أن تـذهب وراء مجـرد الجزيئات، وأن يكون الإنسان أو الكائن العضوى فى مجموعة محل التقـدير، مـع كل تراتبية مستوياتها، ومنظماتها ذات المدى الواسع. كما يتطلـب الأمـر أيـضًا التمييز أو التفرقة بين «البناء» و«الوظيفة». والنجاح البيولوجى للجزيئات يتجـذر فى جزء كبير منه على وضوح الأشكال والتآلفات الكيميائية لجزيئات معينة مثـل القاعديات والبروتينات. ولكن ليس من الممكن اختصار «الحياة» فى مجموعة مـن الأشكال الثابتة، ألقى بها معًا بشكل عشوائى. والقوة التنظيمية للأشياء الحية تتطلب عمليات تعاونية تحتضن الجزيئات وتدمج سلوكياتها فى وحدة متماسكة. وعلى ذلك فإن شيئًا حاسمًا لم يتوضح حتى الآن. ما هو؟

الإجابة تكمن فى أعماق الوصف شبه الممتنع لعملية إنتاج البـروتين. لقـد بدأت بشرح الأشكال الهندسية للجزيئات، وبناء الدنا، وتتابعات الأزواج القاعديـة، ثم تسللت إلى الموضوع بادئًا بوصف الرسائل والمعلومات والتحديدات الوظيفيـة. وباختصار أكون قد انتقلت من لغة الهاردوير إلى لغة السوفت وير. الجين هو مادة ذات شكل متميز فى فراغ ثلاثى الأبعاد، ولكنها أيضًا عبارة عن تعليمـات لعمـل شىء. سر الحياة يكمن فى هذا المحتوى البيولوجى ذى الوظيفة المزدوجة، ولـيس هناك أفضل من الكود الجينى لكى نضىء سر هذه الازدواجية.

الشفرة الوراثية (الجينية):

لقد وصفت الحياة كصفقة مغلقة بين الأحماض الجزيئية والبروتين. ومع ذلـك فإن هذه الجزيئات تقطن مجالات كيميائية مختلفة تمامًا، إذا ما تحدثنا بشكل عار مـن المصطلحات. وهذا ينعكس بوضوح على العملية الحسابية لنقل المعلومـات. فقائمـة

المعلومات المطلوبة لتركيب البروتين يتم تخزينها فى الدنا بواسطة استخدام الحروف الهجائية: **AGCT**، ومن الناحية الأخرى فإن البروتينات يتم صنعها عبر ٢٠ نوعًا من الأحماض الأمينية، ومن الواضح أن من ٢٠ إلى أربعة ربما لا تمضى إلى نهايتها. إذن كيف تتواصل البروتينات مع الأحماض الجزيئية.

وقد اكتشفت الحياة الأرضية حلاً دقيقًا لهذا اللا توافق العددى عن طريق عمل حزم ثلاثية من القاعديات. لأن أربع قاعديات يمكن نظمها فى ٦٤ تبديلاً فى كل ثلاثة منها، ورقم العشرين سوف يعمل مع ٦٤، مع ترك مساحة لما هو زائد على الحاجة وللترقيم وتتابعية درجات سلم الدنا المقررة، ثلاث إثر ثلاث وهو بالضبط التتابع الخاص بالأحماض الأمينية والصادر بشأنها التعليمات إليها.

لكى تترجم أو تنقل من ٦٤ ثلاثيًا إلى ٢٠ حمضًا أمينيًا، معناها أن تعين لكل ثلاثى (ويصطلح على تسميتها بشفرة واحدة «أى مفرد شفرة» **codon**) حمضًا أمينيًا متطابقًا مع الثلاثى ذاك. وهذا التعيين أو التخصيص هو الذى يسمى الشفرة الوراثية أو الجينية. وهذه الفكرة الخاصة بأن الحياة تستخدم شفرة، كان قد اقترحها فى بواكير خمسينيات القرن الماضى جورج جاموف **George Gamow**، وهو الفيزيائى نفسه، الذى افترض النظرية الكونية الحديثة المتعلقة بالانفجار الكبير. وكما فى كل ترجمة فلا بد أن يكون هناك من يجيد لغتين أو شيء من هذا القبيل. وفى هذه الحالة لتحويل التعليمات المشفرة المكتوبة بلغة الأحماض الجزيئية إلى نتائج مكتوبة بهذه اللغة. لعله سيكون واضحًا مما شرحت أن هذه الخطوة الحاسمة الخاصة بالترجمة تحدث فى الكائن العضوى عندما تكون الأحماض الأمينية الصحيحة والمناسبة، قد أُلحقت بالجزيئات الخاصة فى ناقل الرنا قبل عملية تركيب البروتين. (آسف يلزم هنا العودة لقراءة ما شرحته فى هذه النقطة). هذا الإلحاق تقوم به مجموعة من الإنزيمات المتسمة بالمهارة حتى إنها تتعرف على كل من تتابعات الرنا وكل من الحموض الأمينية المختلفة، ومن ثم تزاوج بينهم على نحو صحيح ليؤدوا المنوط بهم.

هذه الشفرة الوراثية مع قليل من الاكتشافات الحديثة على تنوعها، تمثل شيئًا مألوفًا فى كل الأشكال المعروفة للحياة. وحقيقة أنها عالمية يمكن أن تكون مفهومة وذات معنى، لأنها تعنى أنها استخدمت بنجاح من كل السالفين لمختلف أنواع الحياة، وأنها كانت من القوة والنشاط لدرجة أن تبقى عبر بلايين السنين من التطور، ومن دونها ستكون عملية إنتاج البروتين مسألة «مرة يصيب ومرة يخطئ».

وثمة أسئلة تسود فى هذا المجال. كيف لهذا النظام الخاص المعقد أن يبرز فى المقام الأول؟ لماذا من بين ١٠^٧٠ شفرة ممكنة والقائمة على الثلاثيات، اختارت الطبيعة واحدة للاستخدام العالمى؟ هل لشفرة أخرى أن تقوم بالعمل مثلها؟ وإذا كانت هناك حياة فوق كوكب المريخ هل ستكون لها نفس الشفرة الجينية كما فى الحياة الأرضية؟ هل يمكن لنا تخيل حياة من دون شفرة، والتى عبرها تتوقف صفقة الجزيئات مباشرة مع بعضها على أساس التآلفات الكيماوية وحدها؟ أو أن أصل الشفرة الجينية أو الوراثية ذاتها (أو على الأقل واحدة مفردة منها) هو المفتاح لأصل الحياة؟ وكان البيولوجى الإنجليزى جون ماينارد **John Maynard**، قد وصف أصل الشفرة بأنها من أكثر المشاكل إرباكًا وإثارةً للحيرة فى البيولوجيا التطورية. وكان أورز سزاثمارى **Eörs Szathmary** قد كتب يقول[٣]: «آلية الترجمة القائمة حاليًا، هى فى الوقت نفسه عالمية إلى أقصى حد، ومعقدة إلى ذات الحد، وضرورية حتى إنه من الصعب تصور ما الذى كان سيأتى للوجود، أو كيف كان للحياة أن توجد من دونها».

ولكى تأخذ فكرة عن أى حد تمثل هذه الشفرة أحجية. إذا أنت ألقيت وراءك الأرقام المستخدمة فى الموضوع. فلماذا إذن، اختارت الحياة أن نستخدم ٢٠ حمضًا أمينيًا وأربعة من النيوكليتايدات القاعدية؟ سوف يكون من الأكثر سهولة مثلاً استخدام ١٦ حمضًا أمينيًا وعمل حزم ثنائية من القاعديات الأربع، بدلاً من الحزم الثلاثية.

وربما أكثر سهولة أن يكون لنا اثنتان فقط من القاعديات واستخدام شفرة مزدوجة مثل الكمبيوتر. لو كان نظامًا أبسط قد ظهر، فسيكون من الصعب أن ترى كيف كان سيعمل النظام الشفرى الثلاثى المعقد. ستكون الإجابة: «لقد كانت فكرة جيدة في ذلك الوقت». لو أن الشفرة ظهرت فى مرحلة باكرة جدًا من تاريخ الحياة، ربما حتى فى المرحلة قبل البيولوجية، فإن الرقمين ٤، ٢٠، ربما يكونان أفضل الطرق لأسباب كيميائية لها صلة بالمرحلة. الحياة التصقت ببساطة بهذه الأرقام ومن وقتها ضاع الغرض الأصلى منها. أو ربما فرصة اختيار ٤، ٢٠ هو الطريق الأقصى أو الأمثل لفعل ذلك. وثمة ميزة فى قيام الحياة باستخدام تعدد متنوع من الأحماض الأمينية، لأنها معًا تستطيع أن تتشابك فى «خيوط» بطرق متعددة، عارضة خيارات أكثر من البروتين. ولكن هناك ثمنًا أيضًا لذلك، فإنه مع زيادة عدد الأحماض الأمينية، فثمة مخاطرة فى زيادة أخطاء الترجمة. مع الزيادة البالغة من الأحماض الأمينية فى المجال فستكون هناك زيادة أيضًا فى المتشابه منها، ومن ثم يتم الإمساك بالحمض الخطأ فى سلسلة البروتين. وهكذا فربما يكون الرقم ٢٠ هو نوع من التسوية أو الحل الوسط.

وهناك أيضًا مشكلة أشد قساوة تتعلق بمهام التشفير: أى شفرة ثلاثية لأى حمض أمينى؟ كيف يأتى هذا التخصيص؟ حيث إن قاعديات الأحماض الجزيئية والأحماض الأمينية لا يميز كل منهما الآخر بشكل مباشر ولكن عبر توسطات كيميائية، وليس ثمة شيء واضح عن سبب ذهاب ثلاثى معين لحمض أمينى معين. ومن المفهوم أن تكون ثمة ترجمات أخرى. ولكن المعلومات المشفرة هى فكرة جيدة، إلا أن الشفرة الفعلية هى من النوع التحكمى. ربما كانت ببساطة حادثة أو واقعة متجمدة، أو خيارًا عشوائيًا حبست نفسها فيه، من دون أى معنى أكثر عمقًا. ومن الناحية الأخرى، فربما يوجد سبب لطيف لماذا تعمل هذه الشفرة المعينة بشكل أجود، ولو أن شفرة ما تعلو حافتها حافة شفرة أخرى: الجدارة والحكمة فإن التطور فى هذه الحالة سيختارها، ومن خلال عملية تعديل إصلاحية ناجحة،

وبالتالى سيتم التوصل إلى الشفرة القصوى. ويبدو الأمر معقولاً هكـذا، ولكـن لا تخلو هذه النظرية بدورها من مشاكل أيضًا. التطور الداروينى يعمل مـن خـلال الخطوات الوفيرة، محتضنًا أو مُرَتِّبًا وسائل الإعاشة للمزايا عبر أجيـال وأجيـال كثيرة. وفى هذه الحالة لن تنفع الشفرة فى إنجاز ذلك، لأن تغيير تخصيص واحد لا يعنى التغيير فى واحد فقط ولكن فى طقم كامل من البـروتين والتـى مـن بينهـا البروتينات المسئولة عن تنشيط وتسهيل عملية الترجمة ذاتها. لـذا، فـإن تغييـر الشفرة ينطوى على مغامرة تغذية آلة الترجمة المزروعة فيها، بحيث تـؤدى إلـى كارثة التغذية المرتدة بأخطاء قد تحطم العملية كلها. لكى تحـصل علـى ترجمـة صحيحة، فعلى الخلية أولاً، أن تترجم على نحو صحيح.

وتبدو هذه النتيجـة مـحملة بالتناقض، وكان كارل وويز **Karl Woese**[٤]. قد اقترح حلاً ممكنًا، حيث اعتقد أن شفرة التخصيص وآلية الترجمة كلتيهما يرتبط معًا. حيث توجد، بدايةً، شفرة جاهزة وفى حالة أولية غير مصقولة، وكذا عمليـة الترجمة ذاتها، تكون فى حالة مشابهة، بل تكاد تكون مُوحِلَة. وفى هـذه المرحلـة المبكرة، والتى ربما لم تكن قد ظهر بعد عدد العشرين حمضًا أمينيًا، وبالتالى لـم تكن الآلية قد استعانت بكفاءة الإنزيمات والمنقحة جيدًا التى تستخدمها الحياة اليوم. ومن الواضح أن بعض التخصيصات الشيفرية، ستكون برهنـت علـى سـلامتها وجودتها عن غيرها، وأن أى آلية تمارس أقل نزعة للخطأ فى عملية التخـصيص هذه لا شك ستقوم بتشفير أكثر الإنزيمات أهمية لها، وهو الإنزيم الـذى سـيحقق الفوز عن غيره من الإنزيمات. وبالتالى، فسيكون التكاثر أكثـر دقـةً، وسـيجرى شيفرته على النحو نفسه، بحيث تسود فى الخلايا الوليدة تلك الإنزيمات الـصحيحة ومعها شيفرتها الخاصة بها. وفى هذا السياق، فإن تشفيرًا أحسن للمهام، قد يعنـى أنه سيكون قويًا ونشطًا لدرجة أنه عند مصادفته خطأ فى الترجمة، بالنسبة للحمض الأمينى الذى قد تم صنعه بالفعل، سيُؤثِر ذلك على الخطأ الـذى سـيجد صـعوبة وغموضًا فى تواؤمه مع الحمض الأمينى. أو أنه فى حالة أن الخطأ قد يتسبب فى

صنع حمض أمينى مختلف. فإنه سيكون قريبًا من الحمض الأمينى المقصود أصلاً، وبالتالى سينجز البروتين مهمته على الوجه المطلوب. ومن هنا، فإن تعديلات ناجحة من هذا النوع من العمليات ربما قادت للشفرة العالمية التى نراها اليوم تمامًا، مثل صورة يتدرج ظهورها التام من الضبابية الكاملة إلى الوضوح الكامل.

ومن الممكن أن الشفرة، متضمنة تفسيرًا أعمق. ولو أمكن رسم أو وضع قائمة بالمهام المشفرة، فإنه سيصبح ممكنًا تحليلها رياضيًا بحيث نستطيع معرفة ما إذا كانت بالفعل محتوية على نموذج داخلى. وكان بيتر جارفيس **Peter Jarvis** وزملاؤه بجامعة تاسمانيا **Tasmania** قد ادَّعى بأن الشفرة العالمية تذعن لتتابعات رمزية أشبه بمستويات الطاقة فى الجزىء النووى، وربما بالتالى تكون مرتبطة بخاصية ناعمة لجسيم دون ذرى يسمى «المتناسق الفائق» **supersymmetry**[٥]. وهذا التطابق الرياضى ربما يكون صدفويًا بحتًا، أو ربما يشير إلى علاقات مهمة وخافية علينا بين فيزياء الجزيئات المتصلة بالموضوع ومنظمة الشفرة[٦].

لقد وجهت القارئ إلى تقنيات الشفرة الجينية بهدف تكوين فكرة مهمة مؤدية مباشرة للقلب من سر الحياة. وأى تغذية **input** مشفرة ستكون عبارة عن أخلاط من المعلومات غير المستخدمة ما دام لا يوجد مفسر يقوم مقام المفتاح الذى يفتح هذه الشفرة. حيث إن الرسالة للشفرة تكون جيدة فقط، عندما تكون قابلة للاستخدام عند وضعها فى سياق ما مثلما نقول: «إنها تعنى شيئًا». وفى الفصل الأول قدمت التفرقة بين بناء الجُمل **syntactic** وعلم دلالات الألفاظ وتطورها **semantic** فى مجال المعلوماتية. ومن ناحيتها، فإن المعلومات الجينية هى مجرد «بناء جُمَل». أما المنفعة للمعلومات المشفرة جينيًا فتتجذَّر فى حقيقة أن الحمض الأمينى يستطيع أن يفهمها. إن المعلومات الموزعة على شريط من الدنا لها صلة بيولوجية بالأمر، وعلى المستوى الحديث بلغة الكمبيوتر، فإن المعلومات الجينية هى معلومات دلالات ألفاظ.

ولكي يمكنك إيضاح هذه النقطة جيدًا، ضع في اعتبارك الكيفية، التي تتوزع بها موضعة القاعديات الأربع ACGT في الدنا، وكما سبق شرحه فإن تتابعها يشبه الحروف الهجائية أو الألفبائية، ويمكنها إذن أن تتهجى شيفريًا التعليمات الخاصة بصنع البروتين. وأي تراتب آخر للحروف، سوف يكون بالتأكيد غير مفيد بيولوجيًا. وأي جزء رفيع من تتابعية ممكنة تعطي رسالة ذات معنى من الناحية البيولوجية تمامًا بذات الطريقة، التي يشكل بها تتابع معين للكلمات كتابًا له معنى(٧). وبطريقة أخرى للتعبير عن ذلك: القول بأن الجينات والبروتينات يتطلبان درجة عالية وفائقة الدقة في تخصصية تعليماتها. وكما ذكرت في قائمتي لخواص الحياة في الفصل الأول بأن الكائن العضوي الحي لا ينحصر غموضه في كونه في حد ذاته معقدًا، بل لكون تعقيده قائمًا على تخصصية ضئيلة أو رفيعة القوام جدًا. ولكي تفهم كيف برزت الحياة من اللا حياة ستكون بحاجة لكي نعرف ليس فقط كيف تركزت المعلومات البيولوجية، ولكن كيف أن المعلومات البيولوجية المفيدة قد جرى تخصيصها. باعتبار أن البيئة التي ظهر فيها الكائن العضوي لأول مرة من المفترض أنها كانت مجرد وجود عشوائي للجزيئات الأشبه بأحجار البناء. وباختصار كيف برزت المعلومات ذات المعنى مصادفة من قلب الخردة البالية غير المتماسكة؟

لقد بدأت هذا الفصل بالتركيز على الطبيعة المزدوجة للجزيء البيولوجي بحيث تستطيع أن تكون في ذات الوقت هاردوير – بالذات التشكلات ثلاثية الأبعاد – وأيضًا سوفت وير. والشفرة الجينية فقط توضح لنا أهمية الوجه المعلوماتي للجزيء البيولوجي. ومهمة شرح أصل الحياة تذهب إلى أبعد من العثور على طريقة كيميائية قابلة للتصديق ولو ظاهريًا في «الحساء» البدائي. نحن في حاجة لأن نعرف – على المستوى المفهومي – كيف يؤدي مجرد الهاردوير لبروز السوفت وير؟

تلقى الرسالة:

أقوم حاليًا بتحرير كتابى هذا على كمبيوتر عتيق الطـراز يحمـل ماركـة ماكينتوش التقليدية، وله شاشة صغيرة ويحتاج إلى نقرات رقيقة لكى يعمل، وككل الكمبيوترات، فإنه مصنوع أساسًا من البلاستيك ولكن محتواه الـداخلى والحاسـم يشتمل على معادن وأشباه موصلات، وهذه جميعًا بالإضافة إلى الأسلاك ولوحـة المفاتيح والشاشة الزجاجية تشكل ما نتعارف عليه بالهاردوير، أى الأجزاء المرئية الملموسة من الجهاز. ولكن الجهاز يصبح عديم النفع من دون السوفت ويـر (أى مجموعة الأوامر المكتوبة بلغة من لغات الكمبيوتر، ونضعها فى الذاكرة الرئيـسية له لتقوم بتشغيل الجهاز فى اتجاه تنفيذ مهمة معينة «المترجم»)، الذى يقـوده إلـى ماذا سيفعل. وبالطبع، فإن الأسطوانات المدمجة ذاتها هى من قبيـل الهـاردوير، ولكن المعلومات المشفرة المزروعة على سطحها هى التى تهمنا. وهى المعلومات التى يجب على الآلة أن تقرأها. وبمجرد ربط السوفت وير الصحيح مع الهاردوير الصحيح، يصبح العمل جاهزًا ويمكن للبرنامج أن يدور.

والحياة قريبة الشبه جدًا من هذا. فالخلية الحية مصنوعة بدرجة كبيرة مـن البروتين، وهذا ما يمثل الهاردوير والغشاء المحيط بالخلية يشابه الإطار البلاستيكى للكمبيوتر، ربما أو لكى أكون أكثر دقة تشابه الرقائق الميكروويـة **microchips**، والمحفور عليها المطلوب بشكل غير مباشر. وليس من الجيد أن نلقى بكونه مـن البروتينات فى حاوية، ثم نتوقع بعدئذ حدوث الحياة، حتى ولو معها المـواد الخـام اللازمة. لأن الخلية لن تفعل شيئًا مبهرًا من دون السوفت وير الـلازم. ويجيئنـا الإمداد به عادة من الدنا. تمامًا مثل القرص اللين **floppy disk** (الذى يحمل فـوق سطحه السوفت وير، ويتم إدخاله فى الهاردوير ليبدأ عمـل البرنـامج المطلـوب «المترجم»). والدنا نفسه هو أيضًا من الهاردوير، ولكن الملمح الحاسم هنـا لـيس المادة المصنوع منها الدنا، ولكن فى الرسالة المكتوبة بواسطة قاعدياته الزوجيـة.

ولكن هذه الرسالة فى وسط بيئة جزيئية صحيحة – فى سياق دلالة لفظية صحيحة – ما الذى نتوقعه: إن الحياة تحدث!

وهكذا فإن الحياة عبارة عن خليط فاتن ورائع من الهاردوير والسوفت وير. وما هو أكثر من مجرد التعقيد، بأنها قد أبلغت بأن تكون معقدة. ودعنى أوضح هذه النقطة الحاسمة البحتة بواسطة زوج من المشابهات. لقد كان القرن الـ ١٩ هو قرن الآلة بلا منازع، حيث تم اختراع الكثير منها. ولنأخذ الآلة البخارية على سبيل المثال: كرتان ملحقتان بروافع تتناوب الحركة التى يحددها ضغط البخار، فإذا ما زاد الضغط تدور الكرة بسرعة، بحيث من خلال قوة الطرد المركزى تدفع صمامًا لكى ينفتح، وبالتالى يخف الضغط. واليوم نصِف المبدأ الذى يقف وراء هذا النوع من الآلية بالتغذية المرتدة **feedback**، ولم نعد نجريها بالكرات، وإنما بدلاً منها نستخدم جهازًا للإحساس، سيقوم بتغذية كمبيوتر صغير أو ما يشبهه وبطريقة كهربائية، معطيًا تعليماته للصمام لكى يفتح أو ينغلق عبر موتور. وسيارة زوجتى لديها شيء من هذا ليحدد كم الوقود بها وكفاءته للغرض. إنه يحدد السرعة التى يجب أن تجرى بها السيارة عندما يكون الوقود فى حالته الدنيا. والفرق بين السحب والدفع فى التحكم الميكانيكى بآلة بخارية والأسلوب الإليكترونى المذكور، هو أن الأول عبارة عن حل للمشكلة بأسلوب الهاردوير، بينما الأخير يعتمد على المعلوماتية والسوفت وير.

إن قوة السوفت وير فى أنها تقوم مقام السطح، الذى يمثل حدودًا مشتركة لحيزين، أى الفاصل بين الطباشير والجبن. أعنى تلك الأنواع المختلفة من الهاردوير التى لا يمكنها أن تتعامل بكفاءة مع بعضها البعض. قارن الصعوبة فى محاولة توجيه طائرة ورقية إلى سهولة الطيران ونعومته الذى تطير به طائرة فعلية، وذلك باستخدام مُوَجِّه عن بعد «ريموت كنترول».

الفرق هنا يرجع إلى الهاردوير فى مقابل السوفت وير. إن سحب أو جر خيوط الطائرة الورقية هو شيء مباشر، ولكنها طريقة خرقاء أو

على الأقل غير رشيقة بالمرة، لاقتـران هـاردوير الطـائرة بهـاردوير الـذى يقود العملية (الشخص الواقف على الأرض). أمـا النظـام المتعلـق بالإرسـال اللا سلكى والذى يقوم أولاً على تشفير التعليمات، ثـم بعـد ذلـك يرسـل هـذه المعلومات بقوة أكبر لتتم ترجمتها على الناحيـة الأخـرى، فهـو نظـام يعمـل بكفاءة أكثر. وبالطبع يمكـن وصـف تـدفق المعلومـات مـن الأرض لطـائرة وبلغة الهاردوير: موجات راديويـة يـتم توليـدها مـن الجهـاز المرسـل إلـى الجهاز المستقبل، حيث تحدث تيارات كهربائيـة مـن شـأنها أن تثيـر الـدوران وتحريك أجنحة الطائرة... إلخ. ومع ذلك، فإن وصـف الهـاردوير علـى هـذا النحو أمر ثانوى بالنـسبة لأداء الطـائرة. لأن الـدور الـذى تلعبـه الموجـات الراديوية هو ببساطة أنها تصبح بمثابـة قنـوات للمعلومـات. الموجـات إذن لا تسحب أو تدفع الطائرة. وبدلاً مـن ذلـك، فـإن المعلومـات المـشفرة تـسخر قوى أخرى أكثر فاعليه للقيام بالعمل.

إن طائرة ورقية متـسمة بالحركـة المتثاقلـة هـى (حرفيًـا) ميكـانيزم سلكى، بينما طائرة قائمة على نظام مـوجى خاضـع للـسيطرة وأكثـر كفـاءة من سابقه بالطبع، هو نظام قائم على آلية المعلومـات المحكومـة. فـى الكـائن العضوى الحى نستطيع أن نرى القـوة الزائـدة الـسوفت ويـر أو المعلوماتيـة. وكيف تمت تنقيتها إلـى حـد لا يـصدق. الخلايـا ليـست ذات طـابع سـلكى كالطائرات الورقية. وعوضًـا عـن ذلـك، فـإن انـسياب المعلومـات يخلـط ويزاوج بين «طباشير» أحماض الجزيئات مـع «الجـبن» البـروتين باسـتخدام الشفرة الجينية. بينما الطاقة المخزنة والقـوى الأخـرى فهـى مـسخرة لعـبء تنفيذ التعليمات المبرمجة مثل اللا سلكى المحكوم فى الطائرة.

وباستخدام هذه الطريقة، فإن مشكلة أصـل الحيـاة تتراجـع إلـى واحـدة تتمثل فى كيف برز السوفت وير المـشفر بالمـصادفة مـن قلـب الهـاردوير. كيف حدث ذلك؟ نحن لا نتعامل هنا مع شـىء بـسيط يتعلـق بتنقيـة وتكيـف.

وليست فقط مجرد تضخيم أو توسيع التعقيد، ولا حتى مزاوجة المعلومات، ولكن مع تغيير أساسي في المفهوم. إنها أشبه بمحاولة شرح كيف لطائرة ورقية أن تستحيل إلى طائرة قائمة على الموجات المحكومة. هل تسمح قوانين الطبيعة الحالية، وكما نفهمها، بهذا الانتقال؟ لا أعتقد أنها تسمح بذلك. ولكي ترى لماذا لا، فعلينا أن نحفر قليلاً في عمق السلوك المعلوماتي للحياة.

شفرة داخل الشفرة:

لقد شرحت أن الحياة في مستواها الأدنى لها نفس البناء المنطقي للكمبيوتر. وهذه الحقيقة تعطينا الفرصة لأن نسبغ بعض الدقة على الأفكار المراوغة، مثل التعقيد والطابع المعلوماتي البيولوجي، وذلك بأن نلجأ إلى نظرية الحوسبة (الكمبيوتر). (وعلى القارئ ألا يعتريه اليأس، فلن أعود في ذلك للرياضيات المتقدمة). لعل من الكثير الذي يصيبنا بالحيرة والارتباك إزاء الحياة يرجع إلى الاضطراب في معنى بعض المصطلحات مثل النظام «**order**» والمنظمة **organization** والأنطروبيا **entropy**، والمصادفة **chance**، والعشوائية **randomness**، والمعلومات **information**، والتعقيد **complexity**. هذه الكلمات عادة ما يتم توظيفها بطريقة غير دقيقة وملتبسة، وبصفة خاصة «النظام» و«المنظمة».

ولكن أول الأمر دعنا ننظر في كلمة «العشوائية»، وسوف أستخدم في ذلك مثالاً أوليًا، يتمثل في صف من الواحدات والأصفار كما يظهر في الشكل (٤-٤). ومن الواضح ألاّ عشوائية هناك، ولكن ثمة التكرارية. والطريقة المفيدة في التعبير عن النموذج المشاهد ذاك يكمن في مصطلحات «المعلومات» (الطريقة المزدوجة للواحد والصفر يمكن بالطبع استخدامها لتشفير المعلومات، وهذا ما يفعله معظم

الكمبيوترات العادية). ويمكننا إذن، اختصار الخط المشاهد فى الشكل (٤-٤). إلى جملة (اطبع حتى ٢٥ نسخة) فإذا ما اخترت أن أملأ كل الصفحة بصفوف مزدوجة مستمرة، فإنه يندر أن تمتد أو تستطيل الجملة المختصرة تلك. وبكلمات أخرى نحن نستطيع أن نضغط المعلومات المتكررة فى تتابعها إلى صيغة مدمجة أو حسابية، كما يقول الرياضيون. والحساب العشرى هو مجرد «وصفة» أو إجراء رياضى للتعبير أو الإكثار من النتائج المنتجة **output**. وفى الحالة التى نناقشها حاليًا، فإن الحساب المبدئى «اطبع حتى ٢٥ نسخة» يتكاثر أو يكثر من الصف البادى فى الشكل (٤-٤).

1010101010101010101010101010101010101010101010

شكل (٤-٤)

صف من تتابع متكرر لنموذج بسيط. ويحتوى على معلومات ضئيلة، بسبب إمكانية وصف بنائه بواسطة إجراء بسيط أو حسبة كمبيوترية بسيطة

والسبب فى إمكانية ضغطنا صفًا طويلاً من الأرقام دون العشرة إلى تعليمات أساسية قليلة، يرجع إلى أن التتابع له نموذج دورى. هذا ويمكننا تخيل نموذج أكثر تعقيدًا أيضًا، سنجده قابلاً للتعبير عنه بصيغة قصيرة أو بطريقة حسابية مقارنة بطول الصف. ومن قبيل المقارنة أيضًا، فإنه إذا كان ثمة صف من الآحاد والأصفار ليس له نموذج أيًا كان – أى لو كان عشوائيًا – فلن نكون قادرين على العثور على وصف قصير له ولا عملية حسابية صغيرة، ستكون قابلة لتكثير النتيجة، مثلما يفعل إجراء كمبيوترى بسيط. وقد صنع جريجورى شاتان **Gregory Chaitin** عالم الكمبيوتر فى **IBM** نظرية شاملة وقوية جدًا، للمعلومات الحسابية والتعقيد، وطبقها على عديد من الأمثلة الفيزيائية ومن بينها الأنظمة البيولوجية[8]. وقد اقترح تعريفًا للتتابع العشوائى على أنه ذلك الذى لا يمكن ضغطه حسابيًا: أقصر وصف لتتابع عشوائى هو ببساطة: التتابع ذاته.

وباستخدام هذه «الخوارزميـــة» أى برنــامج الكمبيــوتر فمــن الواضــح أن التتابع العشوائى هو أيــضًا عمليــة تتــابع لمعلومــات تتــسم بــالثراء، لأن المعلومات لا يمكن دمجها فى صيغة بسيطة، وبالمقارنــة، فــإن نموذجًــا غيــر عشوائى، مثل النموذج التكرارى فــى شــكل (٤-٤) يحتــوى علــى معلومــات قليلة جدًا، لأنها يمكن اختصارها فــى وقــت قــصير (اطبــع حتــى ٢٥ نــسخة عشر مرات). وإذا كان بيت القصيد كله من تتابع مــا هــو تــشفير المعلومــات، مثلما فى الخريطة الجينية مثلاً، فإن هذا لن يفيــد، وإنمــا الــسبيل الأمثــل هــى العشوائية.

فى الشكل (٤-٥) يبدو صف الآحاد والأصفار فى حالة عشوائية واضــحة. ولكن هل يمكننا التأكد من ذلك؟ كيف لنا أن نعرف أنه ليس ثمــة نمــوذج صــلب التركيب يكمن داخل التتابع؟ بالفعل هناك هذا النموذج. فالتتابع البادى فى الأعــداد الخمسين الأولى من النسبة التقريبية (Pi=3.14159265-)، يمكن التعبير عنها بشكل ثنائى. ويمكن توليدها أو إكثارها عن طريق سطور قليلة فى برمجــة كمبيوتريــة قائمة على صيغة بسيطة. ومع ذلك فإذا كنت لا تعرف ذلك فلن تستطيع رؤيــة أى نموذج: التتابع كان متوافقًا مع كل الاختبارات الإحصائية المألوفة عن للعــشوائية. وبالتالى، فإن النسبة التقريبية باستخدام التعريف الحسابى، ليست عشوائية.

1100100100001111110110101010001000100001011010001l

شكل (٤-٥)

العشوائية؟ هذا التتابع الثنائى يبدو عشوائيًا، وغير معروف له أى نموذج بعد. ولكنه يحوى نظامًا مخفيًا. إنها فى الواقع أرقام النسبة التقريبية التى يمكن إكثارها بعملية حسابية بسيطة. وبالتالى ليست عشوائية على الإطلاق. وبمعنى من المعانى، فإن التتابع يحوى معلومات قليلة.

حتى الآن وجهت المناقشة على نحو صارم تجاه الرياضيات؟ ماذا عن الطبيعة؟ إنه يمكننا استخدام مفهوم العشوائية الحسابية لإعطاء تعبير قوى عن فكرة «القانون». إن قانونًا طبيعيًا هو في جوهره عبارة عن طريقة بسيطة لوصف (أو التنبؤ بـ) سلوك معقد وباستخدام مثال معروف جيدًا: انظر لخسوف الشمس، إذا حددت بنجاح تاريخ كل خسوف ناجح وعبرت عنه بشكل ثنائي، فسيمكنك الحصول على صف من الواحدات والأصفار التي ستبدو عشوائية، ولكن ذلك سيكون مظهرًا مخادعًا. ونحن يمكننا استخدام قوانين نيوتن للتنبؤ بتواريخ الخسوف، وكل السمات الأخرى لكل المدارات الكوكبية. وقوانين نيوتن هذه هي صيغ رياضية بسيطة يمكن كتابتها كلها على كارت بريدى صغير، ومن ثم، فإن المعلومات عن كل تلك الخسوفات، بل كل من موقعى الأرض والقمر فى كل يوم من أيام السنة، هي في الواقع متضمنة في مجرد حسبه قصيرة. وعليه، فإن نظام الأرض - الشمس - القمر هى معلومات فقيرة الطابع ولكنها تعرض نماذج عميقة عديدة، وكثيرًا من النظم المطردة[٩].

عملية النمذجة أو النظام يتحققان في حركة الكواكب، وتمثيلها في وجود حسابيات بسيطة نيوتونية، هو في حد ذاته مثال لقانون فيزيائي. وعنها يكون القانون في حالة عمل، فإننا نعنى أن وصف سلوك نظام ما ليس عشوائيًا، وأن مستقبل النظام يمكن التنبؤ به بدقة بواسطة صيغة مبسطة.

ويمكننا الآن أن نرى الطبيعة الحقيقية للسر البيولوجي، حيث يظهر شكل (٤-٦) تابعًا ثنائيًا مختلفًا. في هذه المرة. هو خريطة جينية للفيروس **MS2**[١٠]. (التهاب الكبد الوبائى بفيروس ب)، معبرًا عنه باستخدام مايلى: **C=10**، **G=01**، **U=11**، **A=00**: والآن فلنتسأل السؤال: هل الصيغة المعبر عنها في شكل (٤-٦) عشوائية[١١]؟ أو أنه توجد صيغة حسابية بسيطة، يمكنها أن تظهرها كنتيجة **output** خارجة عن عملية كمبيوترية؟ وبكلمات أخرى، هل هناك شفرة داخل الشفرة الجينية (أى كتابة تُحرَّر بعد مسح الكتابة الأولى)، ويمكنها أن تكون ذات

نفوذ على الكائن العضوى»؟ وأعتقد أن معظم الناس سيجيبون عن هذا السؤال بالنفي. سوف يشعرون على نحو حدسى أن التتابع هنا لا بد أن يكون عشوائيًا. لماذا؟ حسنا افترض أننى كنت عرضت الخريطة الجينية لكائن بشرى بدلاً من الفيروس **MS2**. سوف يكون كريهًا أو متعارضًا أن تقترح أن القدر الأساسى من بنيتنا الجسدية والعقلية بما فيها الكثير من شخصيتنا «يمكن اختصاره إلى مجرد صيغة»، من المؤكد أن هناك ما هو أكثر من ذلك بالنسبة للكائن البشرى (بل حتى بالنسبة لفيروس) من الذى يمكن إمساكه فى عملية معالجة حوسبية كمبيوترية تافهة. تخيل أنك جسد وروح – دعنا نقول – تصبح لا أكثر من الجذر التربيعى لرقم غير مميز، ومرتبط ككرنك (عمود الإدارة) لماكينة جزيئية تستخدم أربعة حروف هجائية.

...0100011101110100100111001101011010111011101010000010...

شكل (٤-٦)

خريطة جينية عشوائية؟ وهذا جزء من الخريطة الجينية لفيروس MS2: والتى بالكاد يجب أن تكون عشوائية، إذا كانت تحتوى على كثير من المعلومات الجينية. الأحماض الأمينية فى البروتينات المسجلة فيها سوف تكون مرتبطة فى نظام عشوائى.

هناك أيضًا سَبَبٌ أقل عاطفية للاعتقاد بأن الجينوم عشوائى بالدرجة الأولى. وظيفة الخريطة الجينية – بعد كل شىء تتلخص فى تخزين المعلومات الجينية. وبوجود التعقيد والتنوعية اللا محدودة تقريبًا فى الأشياء الحية، ومن الضرورى أن تجعلهم يتأقلمون، ومن ثم، فلا بد أن هناك الكثير من المعلومات المتخصصة التى تحتوى عليها كل خريطة جينية. ولكن إذا كانت الخرائط الجينية وافرة المعلومات كما تتطلبه وظائفهم الحيوية، فلا بد إذن، أن تكون عشوائية، (أو بالكاد تكون كذلك)[١٢]. إن خريطة عشوائية دورية أو متكررة، على سبيل المثال، سوف تقيدها

أو تعوقها الرسالة الجينية المتكررة بشكل غير نافع، كما مسجل أصـيب بعطـل. ليس ثمة شفرة داخل الشفرة.

والآن أنت ربما تفكر أنه إذا كانت المنظمة العضوية عشوائية، فإن عمليـة نشوئها تكون بسيطة لأنه من البسيط أن تنشئ نماذج عشوائية. فقط افتح جرة ملاء بحبوب القهوة وانثر الحبوب على الأرض. وبالتأكيد الطبيعة مكتظة بعمليات، كيفما اتفق «**haphazard**» وتشتتية **chaotic** التي قد تنـشئ عـشوائية مـن الجزيئـات الماكروية مثل الخريطة الجينية.

إنه سؤال جيد، ويضع علامة على نقطة أننا نواجه الطبيعة الصارمة بحق، والغامضة للحياة بطريقة قوية وصارمة. الحقيقة الأولى: الأغلبيـة الكبيـرة مـن التتابعات الممكنة في حمض نووى جزيئى هو تتابع عشوائى. الحقيقة الثانية: ليس كل تتابع عشوائى يعتبر كخريطة جينية. وبعيدًا عنه، في الواقع، فثمة شذرة رفيعة، رفيعة جدًا، من كل تتابع عشوائى ممكن سوف تكـون حتـى موجهـة للوظـائف البيولوجية. والخرائط الجينية الوظيفية هى تتابع عشوائى، ولكن ليس أى نوع مـن العشوائية، إنما تنتمى إلى نوع خاص جدًا جدًا من التتابعات العـشوائيات البديلـة، هى بالذات التى تقوم بتشفير المعلومات البيولوجية ذات الصلة. وكـل التتابعـات العشوائية ذات الطول نفسه تشفر نفس الكمية من المعلومات، ولكـن جـودة هـذه المعلومات هى مسألة حاسمة: وفى الغالبية العظمى من الحالات، وبالحديث عبـر لغة البيولوجيا، ستكون الكتاب الكامل الأكثر تعقيدًا.

والنتيجة التى نكون قد وصلنا إليها تُعَدّ واضحة وعميقة فى الوقـت نفـسه، وهى أن خريطة جينية وظيفية هى، فى الوقت نفسه، عـشوائية وذات خـصائص تخصصية على مستوى عال، الأمر الذى يكاد يبدو متناقضًا. إنها لا بد أن تكـون عشوائية لتحتوى على كمية حقيقية وجوهرية من المعلومات، كما لا بد أن تكـون هذه المعلومات متخصصة ومحددة لكى تكون لها علاقة بما هو بيولوجى. والحيرة التى تواجهنا تتمثل فى كيف لهذا البناء أن جاء للوجود. نحن نعلـم أن المـصادفة

يمكن أن تثمر عشوائية، ونحن نعلم أن القانون ينشئ مُنتجًا متخصصًا ومحددًا وتنبؤيًا. ولكن كيف لهاتين الخاصيتين أن تجتمعا أو تتضاما فى عملية واحدة؟ كيف ندمج المصادفة مع القانون ليتعاونا فى إنجاز بناء عشوائى ومتخصص أو محدد معًا.

ولكى نعرف بعضًا من الفكرة عما نواجهه هنا فى هذه المتاهة، فهى مثل إفراغ حبات القهوة من الجرة، بحيث تشكل هذه الحبات فوق السطح الذى ستنتثر فوقه، نموذجًا عشوائيًا فى بدايته. وليس مجرد نموذج عشوائى قديم، ولكن نموذجًا عشوائيًا سابق تحديده، وضيق التخصص، وواضح لا لبس فيه. الهدف هنا يبدو مرعبًا وهائلاً. هل يمكن لقانون فى حد ذاته ومن دون عنصر حَظٍّ كبير (كالمصادفة مثلاً) أن يفعل مثل هذا الشيء؟ هل لعشوائية محددة أن تكون المنتج المضمون لعملية تشبه القانون ومقدرة سلفًا وميكانيكية، مثال الحساء البدائى متروكة تحت رحمة القوانين المألوفة للفيزياء والكيمياء؟ لا . إنها لا تستطيع. ليس ثمة قانون للطبيعة نعرفه يسمح بإنجاز ذلك. إن الحقيقة ذات المعنى الأكثر عمقًا سوف نراها فى الفصل العاشر.

إذا كنت قد وجدت شيئًا من الدفع أو الحث فى هذه المناقشة الجارية فلا بد أنك ستكون متسامحًا مع ما تضمنته من أن الخريطة الجينية هى نوع من الإعجاز الأعجوبى. ومع ذلك، فمعظم المعضلات التى أبرزتها مسبقًا تنطبق على القوة المعادلة لتطور الخريطة الجينية عبر الزمن. وفى هذه الحالة فإن لدينا حلاً جاهزًا للمتاهة نطلق عليه: «الداروينية». المتغير الإحيائى العشوائى، بالإضافة للاختيار الطبيعى هما اللذان يقدمان زنادًا لتكاثر المعلومات البيولوجية بحيث تمتد خريطة جينية قصيرة، لتصبح خريطة جينية عشوائية طويلة عبر الزمن. المصادفة هى التى تُغذِّى التغير الإحيائى، والقانون هو الذى يُغذِّى شكل الانتقاء للتجمع الصحيح للعشوائية والنظام المطلوب أو الذى يحتاج إليه إنشاء «الشيء الممكن». هذا والمعلومات الضرورية، وكما رأينا، تأتى من البيئة المحيطة.

والآن فإن التطور الداروينى هو عملية طويلة وشاقة على الحياة أن تناضل بقوة لكى تُحكِم وتتقن هذه «البركة» من الجينات على هذا النحو. ولكن مـاذا عـن الخريطة الجينية الأولى؟ هل كانت بدورها نتاجًا لعملية تطور مشابهة جرت بقوة؟ أو أنها عملية، جاء تعقيدها هكذا من دون مقابل؟ يعلـم علمـاء الكمبيـوتر عـن معضلات كمبيوترية معينة يتعذر إنقاص تعقيدها، بما يعنى أنها لا يمكن اختزالهـا لمنتج أبسط وأكثر أناقة. ومن أشهرها المسألة المعروفة بمعضلة مندوب المبيعـات المتجول، والمتضمنة أن يجتاز الرجل أقصر الطرق لمجموعة من المدن، شـريطة ألا يزور إحداها أكثر من مرة. معضلة مثل هذه تصبح عـسيرة علـى الحـل أو المعالجة عن طريق العمليات الكمبيوترية، ليس لأنها غير قابلة للحل، ولكن بسبب كمية العمليات الحوسبية المتطلبة التى تتصاعد بالحد فى حجم المشكلة (نسبة إلـى كم المدن الموجودة فى المثال)[١٣].

ويظهر أن عملية التقدم المعلوماتية التى نحتاج إليها لتكاثر الخريطة الجينية ربما تصبح من العسير معالجتها كمبيوتريًا. وتصنيف أو اختيار نوع معـين مـن التتابع العشوائى من التتابعات الممكنة يعد نوعًا من الترويع كعملية ترحال مندوب المبيعات الذى عليه أن يزور مليون مدينة. والتى تطلق المتناقضة المركزية للنشوء الإحيائى فى المراحل الزمنية التالية. وبمعرفتنا أن الأمر يتطلب حوسبة كمبيوترية طويلة وقاسية (مثل تتابع لخطوات تقدمية معلوماتية)، لكى تتطور خريطة جينيـة من الميكروب إلى الإنسان، هل تستطيع الخريطة الجينية لميكروب (مع احترامنـا الكامل له) أن تأتى للوجود عبر عملية كمبيوترية طويلة وقاسية؟ كيف، وقبـل أن يجىء طور أو حقبة التطور الداروينى، يستطيع نوع خاص جدًا من المعلومات أن يبرز مكتسحًا أمامه بيئة غير حية ثم يتموضع، مودعًا نفسه فى شىء كالخريطـة الجينية.

ومن خلال الاستضاءة بنور نظرية الحوسبة الكمبيوترية، فإن معضلة النشوء الإحيائى تبدو محيرة تمامًا كما تبدو أمام عينى الفيزيائى والكيميـائى. والـصعوبات

ليست تقنية تمامًا. ثمة مشاكل فلسفية غائمة في الأفق أيضًا. مفاهيم مثل «المعلومات» «السوفت وير» لا تأتي من العلم الطبيعي على الإطلاق، ولكن من نظرية الاتصالات (انظر الفصل الثاني)، وهي تتضمن أشياء ذات جدارة مثل سياقات وأحوال من التوصيفات والأفكار الغريبة تمامًا عن وصف الفيزيائيين للعالم.

وبعد، فمعظم العلماء أيدوا المفاهيم المعلوماتية وشرعية تطبيقها على الأنظمة البيولوجية، ورَحّبوا بالتعامل مع معلومات علم دلالات اللغة كما لو كانت كميات من الطاقة. ومن سوء الحظ أن الـ «معنى» يبدو كما لو كان قريبًا من «الغرض»، وهو موضوع «تابو» (أى مقدس لا يتوجب المساس به) مطلق في البيولوجيا. وهكذا تُركنا مع التناقض، الذى تحتاج استعماله أو تخصيصه للمفاهيم النابعة من الأنشطة البشرية الهادفة (الاتصالات، والمعنى، السياقات، علم دلالات اللغة) للعمليات البيولوجية، التى تبدو بالتأكيد هادفة، وهى في الحقيقة ليست كذلك (أو ليس مفترضًا أن تكون كذلك).

ثمة خطورة واضحة فى علم التخطيط أو وضع خطة لمستويات الطبيعة المدركة والمشتقة من عالم الشئون البشرية. كما لو كانت جوهرية أو حقيقية للطبيعة ذاتها. وبعد كل شيء، فإن الكائنات البشرية هى نتاج للطبيعة ولو أن للبشر هدفًا، فحينئذ ولمستوى معين، تكون الغرضية أو «الهدفية» قد ظهرت بدورها من الطبيعة، وبالتالى توارثت فيها. ولو أن خاصية «الهدفية» تلك قد ظهرت فقط، متصلة بمستوى عالٍ من النوع الإنسانى العاقل، أم أنها فى الحيوانات الأخرى أيضًا؟ متى سعى الكلب وحفر الأرض بحثًا عن عظام مدفونة فيها؟ هل الرغبة فى أن يسترد هذه العظام؟ وكيف اقتربت أميبيا وغمست أو غمرت جزءًا صغيرًا من الطعام. وهل كانت تنوى إبتلاعه؟ وربما كانت «الهدفية» هى خاصية حقيقية للطبيعة على مستوى النسيج الخلوى أو ربما على مستوى النسيج الخلوى الثانوى؟ ليست ثمة أجوبة متفق عليها عن هذه الأسئلة[١٤]. ولكن لا أهمية لأصل الحياة ولا يكتمل تقديره دون إعلان تلك الأسئلة.

الهوامش

(١) من المعروف أن هناك حدودًا أساسية لما يمكن اكتشافه فيما يتعلق بالنظم الأساسية. على سبيل المثال فإن لا يقينية هايزنبرج كمبدأ في ميكانيكا الكم تمنع معرفة موقع وحركة الذرة في وقت واحد. وعلى ذلك فهناك لا إمكانية أساسية للنفاذ إلى الطبيعة على مستوى الذرة. وربما يكون سر أصل الحياة هو الآخر مما لا يمكن النفاذ إليه؟ والفيزيائي نيلز بور **Niels Bohr** أحد مؤسّسي ميكانيكا الكم اعتقد هذا المنحى في إحدى المرات، وانتهى إلى أن الحياة ربما تخفي سرها عنا بنفس الطريقة التي تخفي الذرة عنا سلوكها. «ومن منطلق هذه النظرة، فإن وجود الحياة يجب أن نعتبره كحقيقة مبدئية لا يتسنى شرحها» وهذا بنص تعبيره. انظر: الضوء والحياة **"Light and Life"** لـ: نيلز بور **(Nature 131, 421 and 457 (1933))**.

(٢) يصادف أن عدد الأحماض الأمينية المستخدمة يصل إلى واحد وعشرين حمضًا.

(٣) التحولات الرئيسية في التطور «**The Major Transitions in Evolution**» لـ: جون ماينارد سميث **John Maynard- Smith** وإيروس ساثماري **Eörs Szathmáry**.

(Freeman, Oxford and New York 1995, p. 81).

(٤) تطـور الـشيفرة الجينيـة «**Evolation of the genetic code**» لـ: كـارل ووز **Carl Woese**.

(Natur Wissen Schaften 60, 447 (1973)).

(٥) يمكن العثور على اعتبار تقني في: نموذج فائق النظامية لتطور «الشيفرة الجينية» **"A Supersymetric Model for the Evolution of the genetic code"** لـ: ج. د. باشفورد **"J.D. Bashford"** وآي. تسوهانتجيز **"I. Tsohantjis"** و ب. د. جارفيز **P.D. Jarvis**.

(Proceedings of the National Academy of Science USA 95, 987 (1998)).

(٦) ثمة دليل ظرفي مثير للاهتمام، ظهر مؤخرًا عن رابطة أخرى بين الشفرة الجينية والفيزياء الأساسية. وهو اكتشاف باتل "Patel" أن حساب جروفر Grover في الحوسبة الكمية يرجح الأرقام ٣، ٤، ٢٠ وقد ناقشت هذه المسألة باختصار في المقدمة.

(٧) مما يثير الاهتمام ما يظهر من أن ثمة تتابعات أو نتائج تبعية عشوائية في الدنا والتي تعرف – ولسبب واضح – بأنها نفاية الدنا، والتي لا تقوم بأي دور حاسم.

(٨) انظر على سبيل المثال: المعلومات والعشوائية في اللا تمامية، أبحاث عن نظرية المعلومات الحسابية لـ: جريجاري شاتان "Gregary Chaitin".

(Second edition, Word Scientific Press, Singapore 1990) ويقوم عمل شاتان على أفكار سابقة لـ: إيه. ن. كولموجوروف «A.N. Kolmogorov» وراي سولومونوف «Ray Solomonoff» ويمكن الاطلاع على هذه الأعمال المبكرة في: مقدمة في التعقيد لـ: كولموجوروف وتطبيقاته" An Introduction to Kolmogrorov Complexity and Its Applications" لـ: منج لي "Ming Li" وبول فيتانيي "Paul Vitanyi".

(Springer- Verlag, New York 1997).

(٩) ربما يكون تعبير «النظم المشوشة Chaotic Systems وهي أمثلة على النظم التي يكون سلوكها بالضرورة عشوائيًا، وبالتالي لا يصبح الانضغاط الحسابي ممكنًا معها.

(١٠) بعض الفيروسات يستخدم الرنا أكثر من الدنا (انظر الفصل الخامس). وهذا مثال واحد تم استقلوه من: المعلومات وأصل الحياة "Information and the Origin of Life" لـ: بيرند- أولاف كوبرز "Bernd- Olaf Küppers».

(MIT Press, Cambridge, Mass. 1990, p. 101).

(١١) معظم النظم الجينية لن تكون بالطبع متتابعات عشوائية بالكامل، إذا كان السبب فقط يرجع لقواعد الترقيم في الشيفرة الجينية. بالإضافة إلى أن العدد الوافر من الدنا ربما يتضاعف أو

ينقلب رأسًا على عقب، خاصة في نوع الإيكاريوت(*) "**Eukaryotes**". ومع ذلك يمكننا أن نبعد هذه العاديات المنتظمة الكثيرة والبسيطة في آن معًا، ويظل السؤال عما إذا كان المتبقي عشوائيًا. ولم يسبق إدراك نموذج نظامي داخل تعاقبات البروتين التخصصي الفردي.

(١٢) كان شرودنجر "**Shrödinger**" واضحًا عندما وضع حدسًا بأن النظام الجيني لا بد أن يحتوي على «بللورة لا نظامية في حدوثها": ووضع مقارنة بين بللور عادي ونموذج ورق الحائط، وأبدى ملاحظته بأن النظام الجيني كان أشبه كثيرًا بنسيج مطرز كثير النقوش. انظر: ما الحياة؟ "**What is Life?**" لـ: إروين شرودنجر "**Erwin Shrödinger**".

(Cambridge University Press, Cambrdige 1944, p. 64).

وهناك أيضًا مناقشة واضحة للغاية في التفرقة بين النظام والتنظيم أو المنظمة، ومشتملة على تقدير تفصيلي عن لماذا يكون النظام الجيني عشوائيًا ومتخصصًا في الوقت نفسه، تجدها في: نظرية المعلومات والبيولوجيا الجزيئية " **Information Theory and Molecular Biology**" لـ: هوبرت يوكي "**Hobert Yockey**". **(Cambridge University Press, Cambridge 1992)**.

(١٣) وعلى نحو أكثر تحديدًا، فمن المعتقد (وإن لم تتم البرهنة عليه على نحو دقيق) أن مشكلة «البائع الجوال» تنتمي لطراز المشكلات الكمبيوترية والتي لا يمكن حلها في إطار ما يسمى الزمن كثير الحدود "**Polynomial**". لأن كثيرًا من المشكلات الكومبيوترية يظهر فيها زمن الحوسبة، إمّا كجزء من التعقيد وإما كوظيفة زمنية له متعددة الحدود. وهناك مشكلات أقل تعقيدًا ربما تتطلب، على سبيل المثال، زمنا جاريًا ذا طابع أسّي.

(١٤) ثمة رد إيجابي حول مستوى العضويات ذات الخلية الواحدة تجده في: التماسك الكمي في الكائنات الأنيوبية الميكروية: أساس عصبي لظهور الوعي " **Quantum Coherence in Microtubules: a Neural basis for emergent consciousness**" لـ: ستيوارت هاميروف "**Stuart Hameroff**"

(Journal of Consciousness Studies, 1, 91 (1994)).

(*) الكائنات ذات الأنوية الحقيقية، حيث توجد بها نواة مغطاة بغشاء نووي وتوجد خارج تلك الأغطية المكونات الخلوية، وهي عادة خلايا الكائنات الأولى في الوجود. (المترجم).

الفصل الخـــــامس

متناقضة البيضة والفرخة

منذ عدة سنوات مضت، قدّم التليفزيون الإنجليزى الـشهير BBC مسلـسلاً فاتنًا، وإن كان مثيرًا للإحباط بعض الشيء، عن قصة من الخيال العلمـي تـدور حول وباء مرضى اكتسح أمامه أغلب الجنس البشرى. ولم يبق حيًا إلا حفنة مـن الناس، اضطروا إلى معايشة وجود غريب، باذلين أقصى ما يـستطيعون. والـذين بمواصلة العيش فقد أجهدوا مصادر الغذاء المتاحة، حتى أصـبح هـذا المجتمـع المحاصر مهددًا بالفناء والانقراض. وفى ظل ظرف يبعث على التشاؤم مثل هـذا، جرى حوار بين الشخصيتين المحوريتين فى المسلسل يحوى فى صميمه قدرًا مـن الضيق وعدم الوثوق في المستقبل، حيث تساءلت المرأة: ما الذى سـوف يحـدث عندما تنعدم مصادر الطعام. وحاول شريكها أن يثير فيها الشجاعة اللازمة حـين أجابها بأنه على الناس أن يبدأوا فى صنع أشياء لأنفسهم، وأضاف مؤكدًا المعنـى الذى ذهب إليه: إذا ما أعطيت «منشارًا» لأى امرئ، فسيصبح قادرًا علـى صـنع مائدة. ولكنها أجابته على الفور بإجابة معاكسة، وتنبئ عن امتلائها بالإحباط: ولكن ما الذى سيحدث إذا ما انكسر آخر منشار؟ ليست لديك أى أدوات لصنع أدوات!

ولكن الميزة التى اتسم بها هؤلاء الـذين صـارعوا مـن أجـل بقـائهم – وبالمناسبة كان هذا هو عنوان المسلسل «صراع البقاء» – تمثلت فى إلقاء الضوء على حقيقة «الاعتمادية» التى تقولب مجتمعنا التقنى الحالى، بمعنـى أن كـلاً منـا يحتاج للآخر بقدر ما يحتاجه هذا الآخر كيما تستمر الحياة، وهذه الصورة تـستعيدها الحياة ككل، فالخلية الواحدة تعد مجتمعًا من الجزيئات الذاتية الإبقاء على نفسها فـى إطار مدروس بإحكام وغاية فى التعقيد، والتى يعتمد كل جزىء فيها على الآخر. خذ

مثلاً الدنا، إذ بالرغم من طوال بقائه لدرجة متجاوزة، فهو لا يستطيع أن يفعل شـيئًا من تلقاء ذاته بسبب عقمه الكيميائي. إن لديه جدول أعمال كثيرة، ولكن لكي ينجزها عليه أن يسأل المساعدة من البروتينات. وكما شرحت سلفًا فـإن البـروتين تـصنعه آلات معقدة جدًا والمسماة الريبوسومات، طبقًا لتعليمات مشفرة تتلقاها من الدنا عبـر الرنا «الراسل». والمشكلة هنا في كيف للبروتين أن يتم صنعه من دون تشفير الـدنا لتعليمات صنعه، ولراسل الرنا أن يقوم بنسخ هذه الشفرة أو تغييرها من حـال إلـى حال وللريبوسومات أن تقوم بتركيبها طبقًا لهذه التعليمات؟ ولكن من دون تواجد هذا البروتين، كيف للدنا وسائر تلك العناصر أن تواجدت في الأصـل؟ المـسألة تـشبه أحجية أي منها كانت الأسبق في الوجود عن الأخرى.

كل الحياة كما نعرفها تدور حول الاحتضان المريح والدافئ والحميمي بـين الدنا والبروتين: السوفت وير والهاردوير. كل منهما يحتاج للآخر. وعليـه فـأي منهما جاء قبل الآخر؟ وقد تناولت بلورة هذه المشكلة بالفصل الثاني في متناقـضة البيضة والفرخة (أيهما سبق الآخر)، مركّزًا على ما سميته «الخطـأ المأسـاوي» الذي يمكنه أن يحدد أخطاء الطبع في عملية النسخ الجيني. ولكن المـشكلة أكثـر عمومية من ذلك. يبدو أن ثمة دائرة غامضة هنـا وتعقيـدًا لا يمكـن تعريـضه للانقاص حتى إن بعض الناس يعتبر الأمر نموذجًا للغموض والألغاز[1].

وفي هذا الفصل سوف أناقش المحاولات المختلفة التي حاولت الاقتراب من هذه الدائرة «الشريرة» وحل غموضها ذاك، ولكن دعني في البداية أضـع أمامـك نقطة عامة لها أهميتها: الدراما التليفزيونية التي أشرت إليها ذكّرتنا جميعًـا بـأن النظم المعقدة، قد تضع نفسها في شكل دائرة من الاعتمادية غير قابلة للإلغـاء أو السير في الاتجاه العكسي. ولا أحد يقترح أن المجتمع التقني لا يتسنى له أن يظهر بالتطور الطبيعي لمجرد أن كلاً منا يحتاج للآخر في يومنا هذا. وخذ مثلاً بـسيطًا: يقوم الحداد بعمل أشكال معينة من الحديد بواسطة أدوات حديدية. إذن هو يحتـاج لآلة حديدية ليستطيع عمل آلة حديدية. وعليه فمن أين جاءت الآلة الأولـى؟ هـل

يجب أن تقع من علٍ في يديه جاهزة الصنع؟ بالطبع لا. ربما استخدم الحدادون الأوائل هراوات على سبيل المثال، أو أدوات حديدية أخرى، لكي يشكلوا أول «قادوم».

من الممكن أن تبرز دوائر تقنية متميزة بطرق عديدة مختلفة من خلال بدايات مرتبكة ومترددة، ولكن بمجرد تأسيس دائرة منها سرعان ما يجرى تنقيحها. وحين يحدث ذلك فإنه تبقى بعض آثار من الحالة السابقة الأدنى فى التقنية. الكائن العضوى اليوم ملىء بالدوائر الكيميائية الشديدة التقنية، والتى على نحو ما لا بد أنها ظهرت من خلال مجموعات جزيئية، طال نبذها وانقضى على ذلك وقت طويل. ويمكننا أن نلمح هنا مبدأ عامًا يساعدنا فى شرح كيف حدث هذا: (أ) يحتاج (ب)، و (ب) يحتاج (أ). ثمة حلقة من السببية فى هذه التغذية المرتدة **feedback**. فأى تغيير صغير فى (أ) سوف يرتد إلى (ب) والذى سيؤثر بدوره على (أ)، وهكذا تدور الحلقة وتدور. وهذه التغذية المرتدة (والمُسبّبة)، يمكنها أن تسفر عن تضخيمات أو مضاعفات دراماتيكية فى مجال التأثير. إذا ما تم تطور جيد لـ (أ) مثلاً، وبشكل صدفوى، فإنه بالتالى سوف يصلح من شأن (ب) والذى سيتطور بدوره. وهكذا سيتأكد – على نحو سريع – هذا التحسن ويَتعزّز ويسود.

ولا أحد يتوقع أن الأحماض الأمينية والبروتينات قد جاءت هكذا جاهزة الصنع، بما لها من خصائص المنافع المتبادلة على الطريقة الموصوفة هذه. إذ لا بد أن تعاونًا أو تشاركًا كيميائيًا فجًا أو فى شكله الخام، هو الذى برز فى البداية، ثم تعرض للتحسن والشحذ المستمر، حتى أصبح فى شكله الحالى من خلال تعاقب حلقات من التغذية المرتدة فى الوقت الذى عمل فيه «الاختيار» الداروينى عمله. وعلى نحو ما خلال تلك العملية الطويلة الأجل انفصل الهاردوير عن السوفت وير أعنى «البيضة» عن «الفرخة». وهذا كله محل اتفاق كبير بين الجميع، أما الذى لا اتفاق فيه هو النظام الذى جرت به الأحداث، إذ يثار الجدل المشحون بالحنق فى أيهما الذى بدأ فى الوجود أولاً.

الـــرنا RNA في البداية:

وبنظرة خاطفة على من الذى يهيمن على الخلية الحديثة يتكشف أن الشخص الذى يقوم بدور الرئاسة هو الدنا DNA، من خلال إدارتــه للعــرض كلــه عبــر تعليماته المشفرة، جاعلاً الرنا هى التى تحمل على عاتقهــا كــل العمــل الفــائق والساحر، حيث هى التى تقول للريبوسومات كيــف ومتــى تُــصنع البروتينــات. والبروتينات، ولو أنها تبدو مستسلمة لمصيرها، إلا أنها هــى التــى تــشكل دور «العمالة» الحقيقية.

وكما سبق أن شرحت أن دور الدنا هو بمثابة عملية كيميائية ضعيفة القيمــة ولكن قيمتها ترتفع بالنظر للدور المتسم بالعقم لابن عمومتها أو نظيرها: الرنا، وإن كان فى الواقع يقوم بأدوار مختلفة ومتعددة الجوانب والأهداف فى الخلية، والتــى تبدو أنها تتعاصر مع أشكال الحياة الأولى. ومن بين الوظائف العديدة التى يؤديهــا فإنه ينسخ ويُعَدّ إجراء التناوب فى هذا النسخ لتعليمات الدنا. وبالتالى فهــو بــذلك يقوم بعمل حاسم، وإن كان ثانويًا فى المسألة الجينية. ناهيك أن الرنا يكــاد تكــون لبناته هى الحروف الألفبائية الأربعة مثل الدنا، كما أنــه يــستطيع أن يلعــب دور الخارطة الجينية. وكأمر واقع فهو يقوم أحيانًا بهذا الــدور: بعــض المقــابلات أو التضادات المعينة يستخدم الرنا بدلاً أو فى محل الدنا. وهكذا فــإن الرنــا بالتأكيــد يمكنه أن يقوم بوظيفة مخزن الجينات، وهو أكثر هشاشة من الدنا، إلا أن هــذا – وبكل الوسائل – لا فائدة له.

فى ستينيات القرن الماضى وفى معهــد ســولك **Solk** فــى جــولا **Jolla** بكاليفورنيا، اقترحت ليسلى أورجيل **Leslie Orgel**، أنه من المحتمل أن الرنا جــاء فى البداية ليس فقط قبل الدنا، وإنما أيضًا قبل البروتينات. والسؤال الواضح هو ما الذى قام بدور الإنزيمات فى غيبة البروتينات، وقد جاءت الإجابة الممكنة فى عــام ١٩٨٣ حين اكتشف كل من: توماس ســيش **Thomas Cech** ومعــاونوه بجامعــة

كلورادو وسيدنى ألتمان Sdney Altman بجامعة ييل Yale أن الرنا ناشط كيميائيًا بدرجة كافية، لأن يقوم بنفسه بدور مادة حافزة ضعيفة[٢]. إذ يستطيع الرنا أن يشابه إنزيمات معينة والتى يمكنها أن تسهل اختراق أو شق الطريق لخيوط أخرى من الرنا، وسرعان ما سلط البيوكيميائيون الضوء على أن الرنا تستطيع على نحو ما أن تحفز نسخها الذاتى. ومن ثم ربما بدأت الحياة بـ «حساء» من جزيئات الرنا لعب دورًا مزدوجًا: كمخزن للجينات، وعندما انفردت لتشكل هيئة مناسبة ثلاثية الأبعاد أصبحت مادة محفزة: وهكذا نشأ السوفت وير والهاردوير بعد ذلك فى نفس مجموعة الجزيئات[٣]. وهذه النظرية أصبحت معروفة باسم عالم الرنا **"RNA World"**.

افترض المؤيدون لهذه النظرية أن ظهور «الحساء» المحتوى على جزيئات الرنا قد وقع من خلال نوع من العمليات الداروينية. ومن الطبيعى أنه تتزامل أو تتشارك الداروينية مع كائن عضوى كالخلايا، لأنها لا تحتاج من حيث المبدأ إلا لإعادة النسخ أو الطبع والتنوع والاختيار، وكل هذا يمكنه أن يحدث، حتى على مستوى الجزيئات، ويستخدم البيوكيميائيون مصطلح «التطور الجزيئى» أو «الجزيئية الدارونية» لوصف ما حدث. وهى نقطة محل نقاش: عما إذا كنا سنعرف أى شىء حى بأنه قد ظهر بطريقة داروينية. وإذا كان ذلك صحيحًا، فربما نستطيع اعتبار جزيئات الرنا (فى بيئة كيميائية مناسبة) كأشياء حية.

وفى بواكير ستينيات القرن الماضى، كانت قد جرت تجربة شهيرة حاولت إظهار أن الداروينية تعمل على مستوى الجزيئات[٤]. والتى قامت أساسًا على فيروس رنا يحمل اسم **QB**. وهذا الفيروس هو ببساطة فيروس رنا أو دنا له غطاء بروتينى. ومع أن الفيروسات تستطيع تخزين معلومات جينية، فإنها لا تستطيع أن تقوم بالنسخ من تلقاء ذاتها، ولكى تقوم بذلك فهى تغزو الخلايا وتختطف أدواتها الإنتاجية، وتتبناها لدرجة إنتاج مزيد من الفيروسات. وتدل حقيقة أن بعض الفيروسات تستخدم الرنا لصنع خريطة جينية أو جنس أو عرق، أنها ربما تكون من البقايا القديمة التى لا تزال قائمة من «عالم الرنا».

وفيروس **QB** لا يحتاج لأى شيء معقد كالخلايا ليعيد نسخ نفسه، وإنما تكفيه أنبوبة اختبار مملوءة بكيميائيات مناسبة. وهذه التجربة التى قادها سول سبيجيلمان **Sol Spiegelman** من جامعة اللينويز **Illinois** شملت تقديم الرنا الناشئ في وسط يتكون من الإنزيم الناسخ للرنا، فضلاً عن مدد من المواد الخام وبعض الأملاح مع توفير «حاضنة» لهذا الخليط. وعندما فعل سبيجيلمان هذا ساعد النظام على نشوء نسخ من خيوط أو جدائل الرنا، الواضحة. وحينئذ استخلص بعضًا من التركيب الاصطناعى للرنا ووضعه في محلول مغذ منفصل، مهيئًا بذلك الجو لتضاعفه، وبعد ذلك نقل بعض من هذا الرنا إلى محلول آخر، واستمر فى هذا الإجراء في سلسلة من الخطوات.

يتلخص تأثير السماح بالنسخ غير المُرشّد بتعليمات محددة فى أن الرنا الذى تضاعف بسرعة قد كسب المعركة وانتقل إلى الجيل التالى فى الخطوات المشار إليها. وعملية النقل من محلول إلى آخر تلك حينئذ حلت محل، وبدرجة عالية من التسارع، العمليات التنافسية الأساسية للتطور الداروينى والتى عملت مباشرة على الرنا. وفى ضوء ذلك فقد تشابهت مع «عالم الرنا».

وكانت نتائج سبيجليمان هذه مشهدية. وكما هو متوقع، فقد وقعت أخطاء فى النسخ. ولكن بالتحرر من مسئولية العمل من أجل الحياة، والحاجة لصنع أغطية بروتينية، فسرعان ما اضمحلت حفنة خيوط الرنا التى لم تكن تزيد على ملء ملعقة صغيرة، عازلة جزءًا من الخريطة الجينية التى لم تعد مطلوبة، والتى كانت مجرد عائق لها. وجزيئات الرنا تلك التى أمكنها النسخ بسرعة، سرعان ما أصبحت هى المهيمنة، لسبب بسيط يتحصل فى أنها ضاعفت المنافسة. وبعد ٧٤٠ جيلاً والتى بدأت كجديلة رنا ذات ٤٥٠٠ جزيء قاعدى انتهت إلى خريطة جينية أو عرقية متفرّدة لها فقط ٢٢٠ قاعدة. هذا النسخ الخام الذى لا رمزية فيه أو زينة ما تَفْرِقه عن غيره اصطلح على تسميته «وحش سبيجيلمان».

ومهما كانت نتائج التجربة مُرَوّعة، وتبدو كما لو كانت غير قابلة للتصديق، فقد بقي في الجب ما هو أشد، إذ قام مانفريد إيجن **Manfred Eigen** وزملاؤه عام ١٩٧٤ بتجربة(٥) احتوت «حساء» آخر يشمل الإنزيم الناسخ للفيروس **QB** وبعض الأملاح وشكلاً محفزًا من القواعد الأربع المكونة لِلَبِنات الرنا. لقد حـاولوا تنويـع الرنا الذى أضيف مبدئيًا للخليط. ومع التناقص السريع لكمية الرنا المـضافة، فقـد وجدت التجربة أنها حفلت بعدم إعاقة النماء على نحو أُسِّى الطابع. حتى لو كـان المضاف جزىء رنا واحد، فقد كان كفيلاً بشحذ انفجار فى الأعـداد المنـسوخة. ولكن شيئًا غريبًا تم اكتشافه، هو أن خيوط أو جدائل الرنا تظل تنتج حتى ولو لـم يضف واحد من جزيئات الرنا الناشئ! وللعودة للمشابهة الهندسية التى أقمتها فـى هذا المجال، فإن هذا يشبه إلقاء كومة من طوب البناء فى خلّاط عملاق، أنتج منها شيئًا إن لم يكن شبيهًا بالمنزل، فهو على الأقل يشبه الجراج. وقد وجد إيجـن فـى البداية أن النتائج يصعب تصديقها، واشتبه فى أن تلوثًا ما قد وقع. وسـرعان مـا أقنع القائمون على التجربة أنفسهم بأنهم كانوا شهود عيان من اللحظة الأولى علـى تركيب خيوط أو جدائل الرنا الصدفوية تلك، عبر لبناتها البنائية. وكشفت التحليلات عن أنه فى ظل مشارطات تجريبية معينة فإن الرنا المنـشأ ذاك يـشبه «وحـش سبيجيلمان».

وبدا للبعض أن تجربة إيجن تتعادل مع نشأة الحياة فى أنبوبة اختبار. لكـن تذكر أن الرنا الذى استخلصه سبيجيلمان من فيروس، كان ينظر إليه عبر بعـض التعريفات على أنه شىء حى. وبمتابعة مراحل مستمرة من التجريب والخطـوات المتعاقبة أنتج أنبوب اختبار متحول أو متغير، والذى كان أصغر كثيرًا ولكنه يظل قادرًا على أن تتم فيه عملية النسخ. وبدأ إيجن العملية من القاعـدة للقمـة، محققًـا جزيئًا. قام بتجميع أو تركيب ذاته عبر لبنات بناء بسيطة، وشبيه بما سبق أن اشتقه سبيجيلمان، وتم النظر إليه على أنه شىء حى. ولم يكن ثمة خط عابر لهذا الممـر أو معترض له، ولا شىء يفصل مجال الشىء الحى عن غيره غير الحـى. وهـى

مرحلة تم تعريفها على أنها تكاد توصل من مخلوط كيميائى بسيط إلى حتى فيروس ممكن أو قابل للحياة.

هل عكست تجارب إيجن الخطوات التى اتبعتها الحياة فى نشأتها من مواد غير حية؟ من الواضح أن هذا ليس صحيحًا. ربما كانت التجارب تتسم بالإثارة، ولكنها اصطناعية إلى حد بعيد، ومفتقدة عالم المشارطات الطبيعية التى سادت على الأرض الباكرة. وبصفة خاصة فإنه لكى يتم تركيب رنا، فإن إيجن قد استخدم خليطًا كيميائيًا تم إعداده بعناية كبيرة، والذى اعتمد فيه بشكل حاسم على إنزيم ناسخ معد أو مستخلص وفقًا لهدفه من كائن عضوى حى. وهذا الإنزيم متخصص بدرجة عالية، وهو ليس من نوع الجزىء الذى كان قائمًا فى الجوار على الأرض قبل بزوغ الحياة. لقد ابتعد إيجن كثيرًا عن إثبات أن قاعديات الحامض النووى، سوف يتصادف أن تتركب وتتكاثر عبر مخلوط غير متماسك مثل «الحساء» البدائى.

وكثير من البيوكيمائيين يسلمون بذلك ويذعنون له، ويتساءلون عما إذا كان الرنا فى الواقع هو أول جزىء تكاثر فى طوبة البناء. وبعد كل شىء، فإن طَبْعة أو مُعيِّرَة التكاثر تلك ربما عَمِلت مع كثير من الأنواع الأخرى من الجزيئات لها سمات الأبسط والأسهل فى التراكيب البنائية... إذ بمجرد أن تأخذ طبعة التكاثر طريقها، فإنها سوف تكون قابلة للإصلاح والتنقيح الناجح من خلال التطور الجزيئى. وكل تَحوّل أو تَغيّر أساسى يستطيع أن يتزايد عبر كفاءة عملية التكاثر، سوف ينتشر بسرعة خلال «الحساء» الكيماوى بسبب تأثير «التضاعف». وفى مرحلة معينة، فربما تنتج عملية التنقيح المستقر الرنا، كأحسن تكاثر فى المجال المحيط. ومن الممكن أن تشمل أول جزيئات منتجة عدة قاعديات وليست فقط الحروف الأربعة. ومع ذلك فإن البناء الجيد القائم على اثنين × اثنين والتناغم أو التئام بين النيوكليدات الأربعة التى نجحت فى صراع البقاء والباقين حتى اليوم تؤكد أنه ربما فى النهاية هى التى أُختيرت بينما تَمّ استبعاد الأخريات فى لعبة

التكاثر هذه. وخلال فترة التعثر تلك قبل العضوية، ربما كان التكاثر قليل الكفـاءة بدرجة كبيرة بالمستويات المعروفة الآن، لأن «البركة» كانت تفتقد كل الإنزيمـات المهمة التى تحتاجها العملية الاستمرارية لكى تأخذ طريقها.

وبقبول هذا السيناريو حاليًا، فإننا نسأل: كيف لعالم الرنا المحدود أن يكـون صاحب دور فى النظام الثنائى الحالى للأحماض الجزيئية والبروتينات المرتبطـة معًا بشفرة جينية؟ البحوث تفترض أن الجينات البدائية هى السلف للرنـا الناقـل. وتذكر سببين لأن يكون ذلك هو الموطن الرئيسى أو ملجأ هذا الجـزىء الأول أن الرنا الناقل قد تطور قليلاً عبر الزمن، بعض مـن الرنـا الناقـل لـدى الإنـسان والضفدعة يتطابقان كلية. وهذا يعنى أنها ذات تاريخ يطول. والسبب الثانى يتمثـل فى أن الوظيفة الرئيسية للرنا الناقل هى ربط الأحماض الأمينيـة الـصحيحة مـع البروتينات. وعلى ذلك فإن تشابكًا يبدو للرائى على نحو من الغموض. الأحمـاض الأمينية كانت بلا شك وافرة فى أى «حساء» بدائى. وجزىء الرنا الـذى يمكنـه التفاعل مع الأحماض الأمينية يتضمن الوعـد أو الأمـل فـى أن يربطهـا مـع البروتينات. وهكذا فإن الخطوة التالية لعالم الرنا تمثلت فى أن تبدأ هذه الخطوط أو الجدائل البدائية للرنا فى صنع البروتينات وبشكل صدفوى. ولا أحد يعرف كيـف وقعت هذه الحادثة المحورية بالغة الأهمية، ولا من أين جاءت، صحيح أن هنـاك نظريات فى هذا المجال، ولكن الحقائق الثابتة قليلة. ربما بدأ الأمر بـشىء غيـر أساسى، وإنما مجرد تصادم بين جزىء رنا نتج عنه أن انتقلـت حمولـة أحـدهما للآخر لتصنع جديلتين من الحمض النووى معلقتين فى الرنا، وربما أضيف بعـدها حمض أمينى ثالث وهكذا. وبعض هذه البوليبتيدات البدائية كان لها بلا شك تـأثيرًا مفضل على التكاثر، وهكذا ربما قامت أول دورة تعزيـز ذاتـى: الرنـا يـصنع البروتينات، والتى فى المقابل تقوم بتسريع إنتاج مزيد مـن الرنـا ومزيـد مـن البروتينات وهكذا دواليك. وهذه البروتينات التى ساعدت بفاعلية فى عملية تكـاثر الرنا سوف تُكافأ بدورها بمزيد من طبعاتها أو نُسخها هى نفسها. وبهذه الطريقـة

خطوة تتبعها خطوة ملفوفة حولها أو مرتبطة بها، والمساهمة الحميمة بين الأحماض الأمينية والبروتينات ربما هي التي كانت وراء تأسيس هذه الثنائية. أو على الأقل تلك هي القصة.

ثمة مشكلة خادعة، أو على الأقل تتطلب الحذر في تناولها، ربما تطلبتها مثل هذه النظرية لتصبح محلولة. وهي كيف يحتاج الأمر للحيلة، للتغلب أو استيعاب مصيدة الخطأ المأساوي (وقد سبقت الإشارة إليه) وتتذكر هنا أن السلاسل الطويلة للرنا ليست مُحَصّنة ضد أخطاء النسخ، بينما لا يتسنى للقصيرة منها تخزين معلومات كافية لصنع آلية نسخ جيدة. ومع ذلك، فربما تعاونت مجموعة من بعض هذه السلاسل الصغيرة من جزيئات الرنا في تحمّل العبء الجيني مع بعضها البعض لتتخيل دائرة مغلقة من دورة ردود فعل كيميائية، تقوم فيها بعض الرنا بدور المحفز لتكاثر البعض الآخر منها: مثلاً (أ) تصنع (ب)، و (ب) تصنع (ج)، و(ج) تصنع (د)، و(د) تصنع (أ)، وبالتالي يكون هذا النظام تعبيرًا عن تفاعل أشبه بالحلقة في مجال «التعزيز الذاتي» يعبر عنها بالدائرة الفائقة "**hypercycle**"، فإذا ما أحيطت هذه الحلقة من التفاعل الكيميائي بغشاء فإنها تشكل خلية بدائية، لا شك ستكون تلك هي إمكانية النشوء التي طوّرت وحسّنت – عملية كفاءة التكاثر. وإذا ما انقسمت الخلية من خلال آلية إنشطار بسيطة، فإن هذا الخليط الكيماوي سيتم توريثه للخلايا الوليدة. وبهذه الطريقة فإن طرازًا بدائيًا من التطور قد أصبح ممكنًا باعتبار احتواء الخلايا على «دوائر فائقة» كفؤة لتقوم بعملية التكاثر للأخريات منها[6].

وعلى الرغم من واعدية سيناريو عالم الرنا كما يبدو، فإن كثيرًا من المعوقات تعترضه. والنقطة هنا، أنه مهما كانت النظرية جيدة، فإن تجارب أنبوبة الاختبار كثيرًا ما صادفها بشكل متكرر، الفشل الكئيب والقابض للصدر.

وجاء رد الفعل الرئيسي على هيئة العناد الصلب للاستمرار في التجارب التي تسبقها إجراءات تصميمية غاية في الحذر، ومساعدة مواد محفزة معينة. ومن

المعروف أن سلاسل الأحماض النووية هشة الطابع، وأنها تميل للارتداد بعد فردها قبل أن تتطلب الخمسين أو نحوها من أزواج القاعديات التى تحتاجها للعمل، أو التصرف كإنزيمات. والمياه تهاجم وتحطم بوليمرات polymers(*). وهى تقوم بعمل الببتيدات مما يضع شكوكًا على أى وجه «حسائى» يكون عليه عالم الرنا. وحتى لو أن التأليف أو التركيب بين القاعديات الأربع المتطلبة لتكوين لبنة فى البناء، ليست فيه أى مشكلة جادة. فإن البيوكيميائيين بقدر ما يرون، يظنون أن هذا يعتبر طريقًا طويلاً وصعبًا لإنتاج رنا كفؤة للتكاثر من خلال مجرد الحفز بهذه الطريقة التى تشبه حك الجلد. ولا شك أنه سيتم فى النهاية العثور على طريقة لكل مرحلة من التعاقبات الكيميائية التى يمكن إجراؤها فى المعمل دون الكثير من الدرامية، ولكن فقط فى ظل مواصفات عالية القيمة والجدوى، وباستخدام كيماويات منقحة وجيدة الإعداد وبالأجزاء الصحيحة منها. والمشكلة تتحصل فى أن هنا العديد من الخطوات وكلٌ منها يحتاج لمواصفات مختلفة. وثمة شكوك متزايدة فى أن تتم كل هذه الخطوات بشكل تعاونى لطيف، واحدة بعد الأخرى هكذا فى العراء. أعنى فى المرحلة الباكرة للأرض، حيث يكون على زبد أو ما يطفو على بركة كيميائية بدائية أن يقرر خط كل خطوة.

والنتيجة ستكون على هذا النحو، فى غيبة مراقب كيميائى عضوى فى المجال، أن الطبيعة ستناضل لصنع رنا من «الحساء» المخفف تحت ظل أى ظروف قبل عضوية قابلة للتصديق. وهكذا بينما يمكن تخيل عالم الرنا مُوظفًا فى تطوير الحياة إذا ما كانت هذه الحياة مقدمة لنا على طبق (ربما ستكون الاستعارة صحيحة لو استخدمنا «سلطانية» حساء)، فإن الحصول على عالم الرنا من مجرد خليط كيميائى خام، فهو أمر يختلف كلّية.

(*) مركب كيميائى يتشكل بالتبلمر أى من تجمع جزيئات بسيطة لتصبح جزيئًا ذا حجم كبير (المترجم).

وبالإضافة لتلك الصعوبات هناك الرعاية الحانية بين اليسار، مقابل اليمين التى أشرت إليها فى الفصل الثالث. حقيقة أن كل الحياة على الأرض تقوم على جزيئات لها نفس الأيادى، وهى ليست مجرد مسألة فضول: كل تكاثر للرنا سيكون مهددًا فى كل بيئة فى اتجاه يد يمنى فى مقابل أخرى يسرى، من أن الجزيئات الرئيسية، ستكون كليهما حاضرة. والقفل والمفتاح الحاسمان كإجراء يضف أو يميز الأمر، حيث يتتامّ الزوج القاعدى مع سائر القاعديات وفقًا لأشكالها، سيكون محل تسوية كجزىء بأيد خاطئة ومحبوسًا فى شق ضيق. وسوف تفتقد اليد اليسرى معرفة ما الذى تقوم به اليد اليمنى. وما لم تعثر الطبيعة على طريقة لإنشاء «حساء» بجزيئات لها يد واحدة فقط، فإن صدفوية تركيب الرنا سيعتبر سببًا مفقودًا.

وقد تلقى مناصرو سيناريو عالم الرنا ضربات أشبه بالمدفعية المضادة للطائرات، ليس فقط من الكيميائيين، وإنما أيضًا من البيولوجيين. إذا ما كانت الحياة قد بدأت بتكاثر الرنا، فلك أن تتوقع أن الآلية الرئيسية للتكاثر كانت قديمة للغاية، وبالتالى تصبح عامة بالنسبة لكل الباقين على قيد الحياة. ومع ذلك فإن التحليلات الجينية تكشف أن التشفير الكودى لتكاثر الرنا يختلف بشكل ملحوظ فى الأبعاد الثلاثة للحياة، بما يعنى أن تكاثر الرنا قد جرى تنقيحه فى وقت لاحق لحياة أسلافنا العموميين. كما أن هناك انتقادات على أساس نظرى. فنظرية عالم الرنا تركز بشكل مميز على التكاثر فى حدود تكلفة الأيض. وكما شدّدت سلفًا بالفعل على أن الحياة هى مسألة أكثر من كونها عملية خام لإعادة الإنتاج: لأن الكائن العضوى الحى يفعل أشياء، ويجب عليه أن يفعلها إذا نجح فى البقاء عبر إعادة الإنتاج. وفعل الأشياء يكلفنا طاقة، ويجب أن يكون هناك مصدر جاهز للطاقة، لكى يقوم الكائن العضوى بعملية الأيض. وفى تجربة أنبوبة الاختبار تمّ ذلك من الجزيئات بكيماويات لها خاصية الإمداد بالطاقة لتقوية أنشطتها، ولكن على مستوى الطبيعة، فإن الرنا كان عليها أن تقوم بدورها، مستخدمة أيًا ما كان متاحًا فى البيئة

المحيطة. وليس ثمة نجاح لأى تجارب من طراز تجربة ميللر / أوراى نجحت فى نسج الكيميائيات ذات الطاقة للحياة الباقية حتى الآن: لقد تم تصنيفها جميعًا داخل الخلايا. إن حفنة (تعادل ملء ملعقة) من الرنا ربما تتكاثر على نحو زلق وربما وافر. ولكن من دون طاقة تحرر دورة الأيض فى المكان بالفعل فإن هذه الوفرة فى الجدائل الجينية، سرعان ما ستضمحل وتزوى.

ومما يعد طريقًا هروبيًا واضحًا من المأزق هو السعى وراء جزىء ذاتى التكاثر أبسط كثيرًا من الرنا لكى تبدأ من عنده كل «اللعبة». كل ما فى الأمر أن الرنا هنا سيأتى فى وقت لاحق لتلك البداية. ومما يمكن تخيّله أن جزيئًا صغيرًا له صلة يمكن العثور عليه والذى يستطيع التكاثر بدرجة كافية. وسيظل الطريق حينئذ مفتوحًا لتطور جزيئى يبذل جهده فى إضافة معلومات خطوة بعد أخرى إلى حتى إنجاز أو تحقيق مستوى من التعقيد، قابل للمقارنة مع الجدائل القصيرة من الرنا. وهكذا يمكن للعملية أن تستمر فى طريقها بواسطة الرنا(٧).

هل تلك هى الطريقة التى يمكن أن يقع بها النشوء الإحيائى؟ ربما. ومع ذلك فثمة عقبات كثيرة فى طريق هذه النظرية، مثل الشك فيما إذا كانت الجزيئات الصغيرة من الممكن تنقيحها بدرجة كافية للتكاثر مع تجنب «الخطأ المأساوى». فى الحياة الباقية حاليًا، فإن عملية التكاثر فخيمة المستوى يبدو أنها تساهم أو تتشارك مع نظم معقدة كبيرة. إنها الخريطة الجينية الأكبر مع عملياتها فى «المونتاج» وتصحيح الأخطاء، والتى تمثل الطابعين الأكثر جودة. وبالتالى فإنه مع اتجاه الحامض النووى بالتتابع فى أن يكون أصغر وأصغر فى الحجم، فإن للمرء أن يتوقع تنقيحًا بسيطًا فى عملية التكاثر عبر جزيئات بسيطة. والأكثر من ذلك أنه كلما صغر حجم الجزىء، زاد تطرف التأثير المتعلق به فى أى تغيّر إحيائى، وأيضًا زادت فرصة عدم توريث عملية النشوء خاصيتها المميزة بكونها ذات طبيعة تكاثرية.

وقد تمت في السنوات الأخيرة محاولات لبناء جزيئات أصغر وأبسط في المعمل، وإخضاعها لضغوط بيئية لمعرفة ما إذا كانت ستتطور إلى تكاثرية أفضل(٨). وقد قيل بنجاحات متواضعة. ومع ذلك لم تطلعنا هذه التجارب على كيف حدث التطور الجزيئي في الطبيعة. فقط أظهرت أن هؤلاء الصغار من معيدي الطبع والنسخ (القائمين بالتكاثر) والذى صُمّموا فيما يشبه العنوة، وتم نَسْجهم في المعمل، سوف يتشكلون بالمصادفة في ظل ظروف قبل عضوية معقولة أو قابلة للتصديق، وإذا ما فعلوا، فالأمر سيّان سواء تكاثروا بدرجة صحيحة كافية لتجنب الخطأ المأساوى، أو لو لم يكن الأمر كذلك. وباختصار لا يملك أحد مفتاحًا عن مسألة حدوث المتكاثرين الصغار طبيعيًا، أو حتى إمكانية ذلك، ودع عنك ما الذى كان لديهم لكي يتكاثروا بنجاح.

الرنا RNA في النهاية:

ثمة طريقة جد مختلفة تمامًا لحل متناقضة البيضة والفرخة، تَتَمثَّل في عكس نظام الأحداث بأن تفترض أن البروتينات جاءت أولاً ثم جاءت بعدها الأحماض النووية. والمشكلة الكبرى هنا كيف نفهم أن البروتينات تكاثرت من دون قيام الأحماض النووية بتنفيذ التعليمات الأساسية. هل يتسنى للبروتين أن يتكاثر من دون مساعدة؟ لقد اكتشف مؤخرًا رظا غاديرى **Reza Ghadiri** من معهد سكريبس **Scripps Institute** بسان دييجو، أن بعض سلاسل صغيرة من البيبتيدات يمكنها بالفعل أن تتكاثر ذاتيًا. والأكثر من ذلك أنها تستطيع تصحيح أخطاء النسخ «كما لو أن لها عقولاً تخصها» (٩). كما أن مفتاحًا آخر جاءنا من وباء «جنون البقر»، الذى أهلك ما يقارب عُشْر كل الأبقاء في بريطانيا، ومتزاملاً مع الـــ

«اسكرابى» scrapie[*] ومرض الـــ «كـورو» Kuru[**]. لا يرجـع الـسبب فى حدوثهم إلى باكتيريـا أو فيروسـات، ولكـن شـرائح مـن البـروتين التـى يمكنها التكاثر ومن ثم الانتشار. ربما تكون هـذه الـشرائح هـى ممـن اسـتمر باقيًا من آثار الحياة البدائية فى شكلها المعتمد فقط على البروتين؟

من بين أكثر المناصرين المتميزين لنظريـة البـروتين أولاً هـو فريمـان دايسون Freeman Dayson وهو حاليًّا فيزيائى متقاعـد مـن معهـد برينـستون للدراسات المتقدمة. وقد ناقش أن الحياة لها أصلان بالفعل، أحدهما «للسوفت وير» والآخر «للهاردوير» (١٠). لقد تخيل أو تصور نوعين مختلفين من الكائنات البدائية، أحدهما قادر على الأيض البروتينى، ولكنه غير قادر علـى التكـاثر علـى نحـو صحيح، والآخر قادر على التكاثر الصحيح ولكن من دون أيـض. والحيـاة كمـا نعرفها برزت من اندماج أو تعايش مُتَعضِّيين غير متـشابهين أى مـن إنـصهار الاثنين ما. لقد استعار دايسون الإشارة أو التلميح من أوبارين Oparin وأتباعـه، الذين قالوا بأن الخطوة الأولى فى الحياة تعلقت بتشكل بعـض أنـواع الخلايـا أو الحويصلات أو المُتكيِّسات البدائية، ويمكننا التفكير فى هذه الخلايا السابقة من حيث الزمن كما لو أن حدثًا طبيعيًا قد وقع فى محتويات أنبوبـة اختبـار مركـزة مـن «الحساء» البدائى.

والتطور الداروينى ليس خيارًا لدى دايسون بالنسبة للخلايا التى تصورها ما دام يفتقد خريطة جينية، ولكن ربما يستمر ظهورها بوسائل كيميائية. ولكى نتحقق

(*) داء يصيب أمخاخ الأغنام، ومن أعراضه الإرتعاش والإنتفاض فى الرأس والرقبة وصرصير الأسنان ولرغبة فى حك الأجسام لدرجة كشط أجزاء من الجلد والنقص الواضح المتدرج للصوف الذى تحل محله أكياس لزجه تتصلب بعد إلتصامتها بالجلد والمشية الخلايا على نحو مرلم.

(**) ويتمثل فى اضطراب مميت يصيب جملة الأعصاب المركزية، ويتسبب فيه فيروس بطىء، يمكن أن ينتقل من وإلى الحيوانات الأخرى، وتنحصر الإصابة به فى غينيا الجديدة لدى آكلى لحوم البشر (المترجم).

من كيفية تشكيل دايسون نموذجًا رياضيًا يصف به الخليط الكيماوى، مثل حساء من الأحماض الأمينية التى تغيّرت مع الوقت كردود فعل كيميائية عبر مسارات معقدة. ومن أهم ما جاء فى نموذج دايسون هو أن الجزيئات، يمكنها أن تحفز إنتاجًا والنشوء الإحيائى لجزيئات أخرى. جوهر هذه الرياضيات هو التنبؤ بالانتقال العفوى من اللا نظام إلى النظام. واللا نظام هنا يعنى: التركيب التشتتى أو المبنى على الفوضى للجزيئات، والنظام يعنى: نوبات كيميائية معينة ومفضلة، ولها صلة بتذكر الأيض. والغنائم الكيميائية التى تخيرها هى من قبيل الغامض وغير المحسوم.

ولو أن التطور الداروينى يحتاج لشكل ما من التكاثر الوراثى، بالإضافة إلى الاختيار الطبيعى، ومن الممكن تخيّل أشياء أخرى أضعف، وأشكال من اختيار ربما تساعد فى إنتاج تطور من النوع البدائى، لكى تبدأ اللعبة. وبمجرد تواجد وفرة نامية من الخلايا المفيدة الواضحة، حتى ولو كانت مجرد كرات كيميائية تنتفخ وتنقسم، فإن هذا سيصبح مجالاً لتنافسية يتعذر تجنبها. بعض هذه الخلايا سينمو وينقسم بشكل أسرع عن الأنوية، طبقًا للمحتوى الكيميائى الأحسن داخلها، يتفوق من حيث العدد على منافساتها، وإذا ما استطاعت الخلايا أن تجتاز بعضًا من السمات الكيميائية لها وأيًا ما كانت المصادر محدودة، فإن الخلايا الأكثر نجاحًا (من وجهة نظر كيميائية)، ستكون هى السائدة. والتحدى حينئذ هو فى شرح كيف لهذه الحالة القائمة على التجربة والخطأ (مرة تصيب ومرة تفشل) فيما يتعلق بالاختيار، أن تصير إلى حالة محددة من الاختيار الطبيعى، بناءً على قاعدية جينية، طبقًا للداروينية التقليدية.

ثمة حل ممكن يتمثل فى التطفلية **parasitism** (العلاقة بين الطفيلى والحيوان أو النبات). وقد اقترح دايسون أن الخلايا المفتقدة للجينات سوف يتم غزوها بمعرفة حمض نووى قابل للتكاثر، ومن ثم يندمج النظامان. وهذا الحمض النووى المتطفل سيجد أن الحقائب المحملة بالبروتين سوف تساعد على زيادة

عملية تكاثره. ومن الواضح أنه قد أثبت فائدته لكي يتكاثر، وتكاثر البروتين المغلوب على أمره في أثناء مضيه في طريقه، ولكي يحمي تكاثره هو ذاته ويدعمه. وبوجود بناء النسيج الخلوي، فإن الاختيار الطبيعي سوف يتدخل عند هذه النقطة بين الخلية الناجحة والخلية التي لم تنجح، مُصعِّدًا مجرى التحسينات التطورية. والاختيار الطبيعي، سوف يفضل بقوة أولئك القابلين للتكاثر، والذين يمكنهم القيام ببعض أو كل العمل الضروري والأساسي للخلايا البروتينية، وسرعان ما سيظهر تكافل بينهما، بمعنى تعايش لمتعضيين غير مُتشابهين symbiosis، مُؤديًا للحياة كما نعرفها.

أين حدث كل هذا؟ تخيل أوبارين أن الخلايا العنقودية المتشابهة في بحر ما أو أي بركة.. هو الجواب، ولكن لو أن الحياة بدأت فوق سطح الماء أو أسفله، كما يتأيد ذلك من بعض الأدلة الحديثة، فإن الفقاقيع أو النقاط الزيتية لن تكون هي الجواب. والصخر البازلتي basalt المسامي في قاع البحر، يمدنا بشبكة طبيعية من الأنفاق البالغة الصغر والفجوات التي يمكنها أن تصبح وسيلة لإطلاق جزيئات عضوية كبيرة، والسطح المعدني ربما يعمل كمادة محفزة ملائمة وفي متناول اليد، ومن ثم تُساعد على تركيبة المادة العضوية. ومن المؤسف أن الفجوات الصخرية لا يمكنها التضاعف بالانقسام. أما إيوان نسبيت Euan Nisbet من جامعة لندن فقد اقترح أن الأغشية ربما تشكلت داخل هذه الفجوات، كما لو كانت مخلوقات محبوسة في فجوات بالغة الصغر، ولا يتم تحريرها إلا مع الجيشان الذي يصيب الأرض فيتسبب في ارتفاع بعض من قشرتها[١١].

وأيضًا ثمة فكرة مُتَخيلة أخرى عن الخلية البدائية، اقترحها مايك راسل Mike Russell من جامعة جلاسجو[١٢]. حيث ركز في نظريته على المناطق البعيدة إلى حد ما عن فوهات البراكين في قاع البحر، حيث تسيل فيها المياه إلى الصخور عند أعماق تصل لعدة كيلومترات، والتي في النهاية ترتفع بواسطة الحمل الحراري إلى السطح، وهي غنية بالمعادن المتحللة. وهذه المياه تكون في حالة

سخونة شديدة ربما تصل إلى ٢٠٠ درجة مئوية، وتحت ضغط عال. وأيضًا فـي حالة قلوية **alkalin**، بينما تكون مياه البحر حَامضيّة **acidic** بسبب ثـاني أكـسيد الكربون المنحل فيها، كما أنها أكثر برودة. ووجد رسل أن اقتران السائلين ينـشئ حالة حافزة لتشكل أغشية غروانـية أو شبه غـروانية بفعـل كبريتيـد الحديـد **Iron Sulphide**. وكما سنرى أن الحديد والكبريت **suliphur** كليهما مـن المـواد الكيماوية الشائعة بشدة في الحياة الباكرة. والأكثر من ذلك أن الغـشاء هـو مـن العناصر المُنفِذَة (التي تسمح بنفاذ المواد عبرها)، التي تسمح لـبعض الكيماويـات بالتسرب من خلالها، بينما لا تسمح بذلك لكيماويات أخرى، تمامًـا مثـل الخليـة الحية. وقد أعدّ رسل لتنمية خلايا أشبه بالناضجة والمُرَطَّبة في المعمل، ومن ثـم عثر على أدلة استحضرها من الصخور الأيرلندية. لقد اعتقد أن الضغط الأسموزى والهايدوروليكي سوف يضخمان الفقاعات ويجعلانها من ثم تنقسم والشيء الأبـرز أو الأكثر لمعانًا فى نظريته هو أن تجاور الغـشاء الحمـضى والـسائل يعمـلان كبطارية كهربائية، والتي قد تكون أمدتّها بمصدر للقوة الناشئة للقيام بأيض مبكـر. وفي الخلايا الحديثة توجد قوة كهربية **voltage** عبر الغشاء المغلف لها. وهكذا قـد تكون الكهرباء هي القوة الأصلية للحياة.

وثمة نظرية مختلفة تمامًا عن أصل الحياة، وضعها البيوكيميائي الإنجليـزى جراهام كيرنز – سميث **Graham Cairns-Smith** من جامعة جلاسـجو أيـضًا. والذى سارع فى الاعتقاد بأن الحمض النووى هو الذى ظهر بعـد البـروتين[١٣]، ومع سريان مناقشة البيضة أم الفرخة ما الذى ظهر قبل الآخر (الحمض النووى أم البروتين أيهما أسبق فى الظهور)، فقد اعتقد هو بأن الحياة لم تبدأ قط بأى منهمـا، مذكرًا إيانا بأن الوظيفة المبدئية للحمض النووى هى القيام بـدور الـسوفت ويـر (مستودعات المعلومات) الجينية. وما دام الأمر كذلك، فإن تركيبه الكيميائى يصبح غير متصل بالموضوع. وبمجرد استطاعتنا تخزين نفس المعلومات الرقمية علـى شريط ممغنط فى رقاقة أسطوانية **flobby disk**، فإن المعلومات الجينية يمكـن أن

تشملها أبنية فيزيائية أخرى بخلاف الدنا أو الرنا. وربما تكون الحياة قد بدأت بمعلومات مشفرة بطريقة أخرى أو أكثر، وفقط في مرحلة متأخرة نسبيًا أصبحت الوظيفة الجينية غير مرتبطة، أو لا صلة لها بالأحماض النووية.

أي نوع إذن من الأبنية يحتمل أن يخدمنا في هذا المجال بتخزين قاعدة المعلومات الجينية؟ اقترح كيرنز سميث أن الطين الصلصالي المتبلور يقدم لنا هنا إمكانية ذات جاذبية فعلية. ولو أنه أقل رقة من الحمض النووي، إلا أنه مع ذلك يستطيع التكاثر بعد صياغته في هيئة أخرى. فجسيمات الطين عند نقعها في أيونات ions معدنية بطريقة غير مضادة أو مخالفة للأصول، يمكن أن تتشفر المعلومات فيها. وهذا من حيث المبدأ ليعاد إنتاجها مع نمو الجسيم المتبلور طبقة بعد أخرى. وبللورات الطين المتسخة قد تصدم القارئ عند تصورها كشبيهة للحياة، إلا أن الخصائص الأساسية للحياة والضرورية للتطور والتكاثر والتنوع والاختيار، ربما تكون كلها ممثلة في الطين.

وبمجرد أن يكون تطور البللورات ذاك، قد أخذ مجراه يكون المسرح قد تأهل للخطوة التالية. الجزيئات العضوية ربما تكون قد صُنعت من الطين، توطئة لنهاياتها، مثل تسريع التكاثر أو تكون كمادة بلاطية أو لدائنية للصق سطوح التبلور، أو أي عدد من المهام الثانوية. وأيًا ما كان نوع استخدامه فلا بد أنه سيحتاج إلى العثور على ميزة أو نفع مختار للتطور كي تتم تنقيته. وأي تبلورات تكون قد إكتشفت كيف تصنع حموضًا نووية ذاتية التكاثر، ستصبح هي الفائزة في الموضوع، لأنها بذلك سيكون لديها مدد من هذا العنصر المفترض والمتاح والجاهز الوجود. ولكن بعبور هذا الخط تكون البللورات قد نسجت بذور ميراثها أو ما سيؤول إليه ميراثها هي. وبمجرد أن تبدأ الأحماض النووية في نسخ منشئ لبللوراتها فسوف تتولى بسرعة قيادة المسيرة وتصبح هي الشكل السائد للحياة. أما البللورات الطبيعية المبعثرة ومعوقة الطريق فسوف يتم استبعادها وعزلها.

ومما يجدر قوله أن ثمة تجربة صغيرة أسفرت عن دليل يدعم نظرية كيرنز سميث بشأن الطين الصلصالي. إذ إنه مهما كانت قابلية هذه المادة للتصديق على الأقل ظاهريًا كمادة للحياة الأولية، فإن مسألة المبدأ الأساسي في قيام الجينات بالمهمة، يعد من المبادئ الصحيحة والراسخة والمستقرة. والكل يوافق على أن وجود نظام الأحماض النووية والبروتين هما من التعقيد، بحيث يصعب ظهورهما معًا دفعة واحدة كنظام جاهز. وليس فقط أن الحياة الباقية كما نعرفها الآن تقوم على الأحماض النووية والبروتينات فهذا لا يعني أن الحياة قد بدأت بهذه الطريقة. وإذا كان هناك طريق أبسط للانتقال من اللا حياة إلى الحياة فإن الترتيبات البيوكيميائية الحالية يمكن أن تكون نوعًا من التحولات المنقحة لسلف أقل من ناحية النمو.

لقد استفاد كيرنز سميث من إجراء مشابهة للحجر المنتظر أو الشبيه بالقنطرة أو القوس لإيضاح الانتقال من التقنية الأقل للتقنية الأعلى كفاءة. إذ يبدو هذا القوس مانعًا لتداخل الموجات الصوتية مع بعضها البعض، وذلك في بداية الأمر. والمنشأ المُركّب أو التجميعي يعتمد على ذاته، أما إذا كان على هيئة قوس فإنه سينهار. فكيف إذن توَاجد القوس في الأساس؟ تتحصل الإجابة في أنه قد تم استخدام سقالة في بنائه، ومن ثم علينا البحث عن «سقالة» أو سنادة جزيئية، ربما تكون استخدمت في بناء الحامض النووي. وربما تكون متبلورات الطين الصلصالي جزءًا من الإجابة، أو ربما نحتاج نظامًا آخر، لم يخطر بعد على أذهاننا. وأيًا ما كان الأمر، فبمجرد أن يأخذ الرنا الحي طريقه، فإن مثل هذه السقالات يتم طرحها عن الطريق، ونبذها إلى الحد الذي أدى إلى إزالتها أو طمسها منذ وقت طويل.

والآن ما الذي يمكن استخلاصه من كل هذه التخمينات المتنوعة عن أصل الحياة؟ إنها جميعًا تشترك في افتراض واحد، وهو أنه بمجرد أن تؤسس الحياة ذاتها من أي نوع، فإن الباقي هو مجرد إبحار في مجرى النهر، ذلك أن التطور

الداروينى فى هذه الحالة سيتولى دفة الإبحار. ولهذا فسيكون طبيعيًا أن يصرح العلماء بأن الداروينية هى من أبكر اللحظات فى تاريخ الحياة. مجرد نشوئها فإن تحولات درامية تحدث من دون أى خياليات أكثر من مجرد المصادفة والاختيار كقوة دافعة. وللأسف أو لسوء الحظ، قبل أن يبدأ التطور الداروينى، فإن مستوى أدنى معين من التعقيد يكون مُتطلَبًا. ولكن كيف تم إنجاز هذا التعقيد المبدئى؟ وهنا اللحظة التى يعصر فيها العلماء أيديهم ويضغطونها ارتباكًا ويهمهمون «المصادفة»، ومن ثم هل كانت المصادفة هى التى أنشأت أول جزىء متكاثر؟ أو أن هناك ما هو أكثر من ذلك؟

التنظيم الذاتى: شىء من لا شىء؟

الحياة ليست سوى واحدة من التعقيدات التى نجدها فى الطبيعة. ثمة أمثلة عديدة قائمة فى العالم حولنا. نحن نرى التعقيد فى النموذج الصغير للصقيع على نوافذنا، نراه فيما يصعب تحليله فى تَلَوِّى خط الشاطئ وتعرجاته، وفى الدقة البالغة للحلقات التى تزين سطح كوكب المشترى، وفى نهر متمرد أو مضطرب الاهتياج وهو يشق طريقه فى تيار معاكس. والحياة ليست تعقيدًا عشوائيًا، وإنما تعقيد مُنظَّم. والتعقيد غير المنظم نجده يملأ المكان بدءًا من قطرات المطر المتناثرة على الأرض، حتى أوراق الشاى القابعة فى قاع الفنجان. ولكن التعقيد المنظم، حتى ولو كان نادرًا، ليس مقتصرًا على البيولوجيا: هناك المجرة الحلزونية، وقوس قزح، والنموذج الانحرافى لحزمة ضوء لِيزَرِّية، هذه جميعًا تتصف بالتعقيد والتنظيم فى الوقت نفسه. كما أنها تتشكل من دون أى جينات تجددها، ولا تطور داروينى يُنشئها. وإذا استطاعت أنظمة غير حية أن تسفر عن تكاثر بالمصادفة نتيجة لأنظمة معقدة بمجرد انصياعها فقط لقوانين الفيزياء، فلماذا لا يتسنى للحياة أن تنحو هذا المنحى، على الأقل فى مراحل البدايات؟

البعض يظن أن ذلك ممكن. وقد أعطى الكيميائى البلجيكى إليا بريجوجين Ilia Prigogine أمثلة لمجموعة خلائط كيميائية، والتى تتصرف على نحو يشبه أسلوب الحياة، مُشَكِّلة لولبيات أو حلزونيات أو نبضات خاضعة للتكرار المنظم[١٤]. والسمة الرئيسية لهذه الانعكاسات تتمثل فى أنها تقع بعيدة عن فروض التوازن الديناميكى الحرارى، وتتطلب مددًا دائمًا من المادة والطاقة - كما تفعل الحياة. فالنظام الصدفوى لا يتعارض مع القانون الثانى للديناميكا الحرارية لأن الأنظمة مفتوحة، والأنطروبيا يتم تصديرها للبيئة المحيطة لتدفع مقابل لتراجع النظام. والسمة الغالبة على هذه المنظومات ذاتية التنظيم هى ميلها للوصول إلى نقاط تشعب أو تردد، حيث يصبح سلوكها غير قابل للتنبؤ. إذ ربما تثب فجأة إلى حالة أكثر تعقيدًا واستقرارًا، أو تهبط أو تنحدر إلى الفوضى chaos، واستطاع بريجوجين وأنصاره المتحمسون أن يتخيلوا تتابعًا من تحولات ذاتية التنظيم، حيث تقفز المادة مدفوعة بمصدر طاقة فيّاض إلى مستويات أعلى وأعلى من التعقيد المنظم حتى تصبح حية حقيقة.

ويعد تَشَكُّل خلايا الحمل الحرارى من الأمثلة البسيطة الواضحة والدالة على التنظيم الذاتى، حيث إنه إذا وُضع إناء به ماء فوق موقد مشتعل، فإن المياه عند قاع الإناء تسخن بدرجة أكبر عن الماء عند السطح. ولو أن التسخين كان هَيِّنًا سيبقى الماء من دون ملامح معينة والحرارة ستنتقل على نحو ثابت إلى أعلى الإناء من خلال مبدأ التوصيل. تخيل ماذا يحدث لو أنك أغلقت الإناء، ستكون طبقات المياه الأسخن عند القاع راغبة فى الصعود إلى أعلى (باعتبارها أقل كثافة)، ولكنها مقيدة أو بالأحرى سوف يحجزها أو يمنعها وزن الطبقات الأكثر برودة التى تعتليها. وفى النهاية تتغلب المياه الأسخن، منتصرة على هذا القيد، وتبدأ تيارات الحمل الحرارى فى عملها. وإذا تم عمل التسخين بشكل معتنى به،

فإن نموذج الحمل الحرارى سيرتب نفسه فى شكل خلايا سداسية الشكل ومثقبة (فيما يشبه قرص عسل النحل). وهذا الشكل المستقر يشتمل على مالا حصر له من جزيئات المياه، متعاونة معًا فى إنتاج نظام أكبر. وهذا الانتقال المفاجئ لحالة الحمل الحرارى المنهمرة يحدث، عندما يُجبر النظام على أن يكون بعيدًا عن الاتزان الحرارى، وسيكون النظام الناتج مدفوع المقابل من خلال جريان الأنطروبيا من الإناء إلى البيئة المحيطة. ومن دون غاز يمدنا بمصدر للطاقة الحرة (مثل الحفاظ على عدم الاتزان الحرارى بين قاع السائل وقمته)، فإن تيارات الحمل الحرارى ستختفى وترتد حالة الماء فى وقت قصير وتدريجى إلى الاتزان عديم الملامح.

وقد حاول ستيوات كوفمان **Stuart Kauffman**، البيوكيميائى فى معهد سانتا فيه **Santa Fe** لدراسة التعقيد، أن يجسد تفاصيل طريق التعقيد الذاتى للحياة، مركزًا على ظاهرة كيميائية تعرف باسم التحفيز الذاتى **autocatalysis**[١٥]. ولنتذكر أن المُحَفِّز هو نوع من الجزيئات يعزز تفاعلاً فى جزيئات أخرى دون التورط فى تغيير ذاته. تخيل معى إذن «حساء» مبدئيًا يتم فيه كثير من التفاعلات المختلفة معًا. فإن عددًا من الجزيئات العضوية تنشأ وأخرى تتدمر ويتم لفظها فى شكل شرائح صغيرة، وثمة إذن شبكة واسعة ومعقدة ومحكمة يجرى وقوعها فى المجال، وإذا شئت فلتسمها منظومة بيئية **ecosystem** كيميائية(*).

تخيل أنه فى هذا الخليط المضطرب، فإن بعض الجزيئات تجد نفسها تلعب دورًا مزدوجًا، فهى من ناحية تشترك فى تفاعلات كيميائية معينة كمدخلات أو كمخرجات، ومن ناحية أخرى تقوم بدور تحفيزى لتفاعلات أخرى. فقد يحدث أن يؤدى حضور جزىء معين **M** له تأثير

(*) ويتمثل ذلك فى إحدى الوحدات البيئية التى تتألف من كائنات حية، وما يقوم بينها من تفاعل متبادل ضمن بقعة محدودة (المترجم).

المحفز لتتابع تفاعلى إلى إنتاج M نفسه. وبالتالى، فإن وجود M يسرّع إنتاج المزيد من M ما دامت المسألة تنصب فى التحفيز الذاتى. وعندما تحدث هذه العملية، فإن دائرة «تغذية مرتدة» تتهيأ للنمو أقوى وأقوى، مشكلّة شبكة تفاعلات مُعَزّزة أو مدعومة ذاتيًا.

ما الذى يحدث بعد ذلك؟ عندما يكون التنوع أو الاختلاف بين الجزيئات كبيرًا لدرجة كافية، فإن النظام يمر بمستهل أو بداية حرجة. وتنبأ كوفمان بقفزة مفاجئة إلى دائرة ضخمة من التحفيز الذاتى، أى عملية من التنظيم الذاتى مشابهة للانتقال المفاجئ من سائل عديم الملامح إلى تيارات الحمل الحرارية. هذه الدائرة المتصاعدة والزائدة التعقيد سوف تكون شكلاً خامًا لعملية أيض، كطراز من العمليات الكيميائية المنظمة التى ارتآها أوبارين ودايسون لمحتوى حويصلتهما الكيميائية. لا جزيئات خاصة كالرنا. متصلة بالأمر ولا حاجة أيضًا لأى معدات جينية. كل ذلك يأتى فيما بعد.

ولو أن دوائر التحفيز الذاتى ربما تبدو مستنبطة ومعقدة، فإنها تستحضر مثالاً لظاهرة معروفة وواسعة الانتشار. فنماذج الكمبيوترات تشهدنا على أن أى شبكة معلوماتية فيها ما يكفى من المكونات، فإن التفاعلية هنا سوف تميل إلى الانقلاب الصدفوى إلى حالة من التعقيد المنظم. يرى الفيزيائيون هذه الظاهرة فى المواد الممغنطة، ويراها الاقتصاديون فى الأسواق المالية العالمية. وإذا ما كانت أفكار كوفمان على الطريق الصحيح، فإن هذا يعنى أن الحياة ربما لم تكن مجرد نتيجة كيمياء عضوية معينة، وإنما نتيجة قواعد رياضية عامة تتحكم فى سلوك كل النظم المعقدة ناهيك عن المكونات المصنوعة منها.

ومهما بدا التنظيم الذاتى من الأمور ذات الجاذبية، فإنه يصادف نوعين من العقبات، عندما يصل الحديث إلى أصل الحياة. الأول منهما هو قلة أو ندرة التجارب المقنعة، حيث حتى الآن لا يتعدى أغلب التجارب

مشابهات كمبيوترية أكثر منها حقيقة ماثلة. وهو ما حدا إلى السمعة السيئة لنظرية التعقيد حين تتعلق بالبيولوجيا. وفى طرح مشهور لأفكار كوفمان، فقد وصفها جون ماينارد سميث **John Maynard Smith** فى إحدى المرات بأنها إلى حد ما مزعجة، وذلك فى اعتقادى كما لو كان علمًا بلا مقابل **fact-free science**[١٦].

ومع ذلك فثمة مشكلة أعمق ذات طابع مفهومى وهى أن الحياة ليست بالفعل مثالاً على التنظيم الذاتى وإنما هى فى الواقع منظمة محددة وموجهة جينيًا. فالأشياء الحية مبنية على السوفت وير الجينى المشفر فى الدنا أو الرنا الخاصة بها. أما الخلايا المشكلة من خلال تيارات الحمل الحرارية فلا جينات لها، مصدر النظام هنا ليس مشفرًا فى سوفت وير وإنما يمكن تعقبه إلى الشروط الحدودية للسائل. إنه تدفق الحرارة والأنطروبيا عن هذه الحدود والتى تحفز التنظيم الذاتى، بينما يكون شكل وحجم وطبيعة اختراق الحدود مسئولة عن تفاصيل الخلايا. وبكلمات أخرى، فإن نظام خلايا الحمل الحرارى يُفرَض خارجيًا من خلال بيئة المنظومة. وبالمقارنة، فإن نظام الخلايا الحية مدفوع من خلال ضبط داخلى، من جيناته، والموضوعة فى جزىء مايكروسكوبى مدفون فى عمق فى النظام نفسه، والذى يقوم كيميائيًا بإذاعة تعليماته إلى خارجه. ولنتأكد من أن البيئة المحيطة بغشاء الخلايا الحية سوف تتأثر إلى حد ما بما يدور فى داخلها، ولكن المبدأ الأساسى الذى يسم أى نظام عضوى يتحدد من خلال جيناته.

وهكذا، فإن نظرية التنظيم الذاتى لم تعطنا بعد، مفتاحًا لكيف يتم الانتقال بين العَفوية أو الصدفوية وبين الإغراء الذاتى كمنظومة والتى حتى من بين الأمثلة غير البيولوجية والمدروسة بإحكام فهى لا تتضمن – لا تزال – تعليمات بسيطة نسبيًا بالمقارنة مع القواعد المعلوماتية، كما فى النظام الجينى للأشياء الحية. ولشرح كيف تقوم الجينات بهذا الدور فلا بد أن نضع فى الحسبان ما هو أكثر من مجرد أصل الأحماض النووية

وتورطها الفعال مع البروتينيات في مرحلة تالية. ولا يكفي أن نعرف كيف ظهرت هذه الجزيئات المهولة أو بدأت التفاعل. فنحن نحتاج لأن نعرف أيضًا كيف جاء نظام السوفت وير للوجود. وبالطبع نحن بحاجة لأن نعرف كيف لهذا المفهوم المتعلق بسيطرة السوفت وير أن يُكتشف بواسطة الطبيعة. وبالعودة للمشابهة التي أجريتها في الفصل الرابع. فنحن نسعى لتفسير كيف تتحول طائرة ورقية إلى طائرة معدنية فعلية، مُدارة بالرادار، أو أن حاكم آلة بخارية يمكن أن يتطور إلى معلومات متقدمة لمنظم إليكتروني. وليس هذا من قبيل إضافة طبقة أخرى من التعقيد، ولكنه يدور حول التحولات الأساسية في طبيعة النظام.

ومتصلاً بهذا الانتقاد الأخير فثمة حاجة لعمل تفرقة واضحة بين «النظام» و«التنظيم» أو «المنظومة». وفي ما سبق استخدمت التعبيرين بطريقة تبادلية، ولكنهما عادة ما تكون لهما معان متضادة. وللحديث على نحو صحيح فإن النظام **order** يشير إلى نموذج بسيط. تتابع زمني بين الواحدات والأصفار مثل الشكل ٤-٤ على سبيل المثال فهذا نظام. ومثل ذلك التبلور نظام. كلاهما بعيد كل البعد عن العشوائية، وكما شرحت في الفصل الأخير فهما لا يستطيعان موضعة المنظومة المعقدة ولا مخزن معلومات الخريطة الجينية. ومحاولات السعي إلى الحياة عبر التنظيم الذاتي عادة ما تسقط في مصيدة عدم التفرقة بين النظام والتنظيم، والأمثلة الموضوعة للتنظيم الذاتي، هي ليست في العادة من هذا النوع بأكثر من تضمنها نظامًا صدفويًا بدلاً من ذلك. وعلى سبيل المثال فإن التفاعلات الكيميائية التي تقوم بدورات منتظمة زمنيًا، عادة ما تنسب إلى حالات التنظيم الذاتي[١٧]، بينما السلوك الزمني من الواضح أنه حالة نظام لا عشوائي ومثله خلايا الحمل الحراري السداسية الشكل - والتي وصفتها فيما سبق - هي أقرب في الذكرى من نظام البلورة أكثر منها للتعقيد

البيولوجي العضوى المنتظم. وفى عينة بعض المبادئ للتنظيم الذاتى، والتى قد تُعزى أو تميل إلى إنتاج حساب معقد، فإن جزءًا حاسمًا من قصة النشوء الإحيائى يكون قد استبعد بعيدًا.

كثير من الاقترابات لأصل الحياة على أساس البداية إلى الآن أو من أسفل إلى أعلى قد أنجزت بعض النقاط المفيدة ولكنها خلفت وراءها ألغازًا مذهلة. ومع ذلك فليست هى التفسير الوحيد المتاح، إذ يمكننا أن نَحُث طريقًا من أعلى إلى أسفل أو من القمة إلى القاع. والفكرة هنا تتحصل فى البدء من الحياة الباقية لدينا الآن وتتابعها زمنيًا إلى الوراء. وفى تلك الحالة سنتمكن من توظيف هذه المعلومات لتقل لنا شيئًا عن كيف جاءت هذه المنظومات إلى الحياة. وقد يتضح أنه لكى نتعقب أول أشياء حية على الأرض، فيجب أن نلقى نظرة على الفضاء.

الهوامش

(١) انظر على سبيل المثال صندوق داروين الأسود **Darwin's Black Box** لـــ: ميــشيل بيهى **"Michael Behe"**

.(The Free Press, New York 1996).

(٢) لتقدير مبسط وميسّر انظر الرنــا كــإنزيم **"RNA" as an enzyme** لتومــاس ســيش **.Thomas Cech" (Scientific American 255, No. 5, 64 (1986))"**

(٣) يستخدم البيولوجيون تعبير الطراز العرقى (البنية الوراثية لفرد أو جماعة أو كــون هــذه الجماعة تشترك فى تركيب وراثى خاص- المترجم) **"genetype"** للإشارة إلـــى النظــام الجينى الذى يتحصل بين أجيال جماعة ما، أما التعبير **"phenotype"** فهو للإشارة عمــا يُعبّر عنه الطراز العرقى فى شكل الجماعة القائمة حاليًا. أما فى مجال الرنا فإن التعبيرين يمثلان شيئًا واحدًا.

(٤) للمراجعة انظر: تحليل فى القوارير (خارج الجسم) لعملية النسخ فى الجزيئــات. **" An in Vitro analysis of a replicating molecule"** لــ: سول سبيجيلمان **"Sol Spiegelman"**.

(American Scientist 55, 221 (1967)).

(٥) الدائــرة المتطــرفة: «مبدأ الــتنظيم الذاتـــى الطبيعـــى» لــــ: م. إيجــــن **M. Eigen** وب. شوستر **.P. Schuster" (Springer-Verlag, Berlin 1979, Part II Chapter 14)"**

(٦) المرجع السابق.

(٧) بالطبع يجب أن نشرح لماذا لا يمتلئ العالم بهذه الناسخات (معيدة الطبع) الصغيرة والسهلة الصنع. وأحد هذه التفسيرات يمكن أن يكون أنها بالفعل موجودة ولكنها تسكن عوالم تختلف تمامًا عن ذلك الذى تزدهر فيه الحياة الآن، مثل: فى داخل مذنب من ناحية تيتان **"Titan"**

قمر الكوكب زحل "Saturn" (انظر الفصل التاسع). وتفسير آخر يتحصل في أنها قد تحطمت بسبب الحياة العضوية فور تشكلها.

(٨) للطابع التركيبي للجزيئات التي تنسخ ذاتها " **Senthetic Self-replicating molecules**" لـ: جوليوس ريبيك "**Julius Rebeck**". **(Scientific American 271, No. 1, 34 (1994)**.

(٩) للاطلاع على تقرير انظر: هل يمكن للبروتين أن يتفجر بالحياة " **Can protein Spring into life**" لـ: فيليب كوهين "**Philip Cohen**». **(New Scientist, 26 April 1997, p. 18)** والعمل نفسه سبق نشره في: **(Nature 382, 525 (1996)**.

(١٠) أصول الحياة "**Origins of Life**" لـ: فريمان دايسون "**Freeman Dyson**».

(Cambridge University Press, Cambridge, 1985).

(١١) الأرض الشابة "**The Young Earth**" لـ: إي. ج. نسبت "**E.G. Nisbet**».

(Allen & Unwin, London, 1987, Chapter 8).

(١٢) كبريتيد الحديد المُحفِّز الساقط من علٍ والفائق الحرارة ودوره كغشاء حيواني، كخطوة أولى في اتجاه الحياة " **A hydrothermally precipitated catalytic iron sulphide membrane as a first step toward life**" لـ: ميشيل رسل "**Michael Russel**" وروى دانييل "**Roy Daniel**" وآلان هول "**Allan Holl**" وجون شيرنجهام "**John Sherringham**".

(Journal of Molecular Evolution 39, 231 (1994).

ولاعتبار التبسيط والتيسير انظر: الحياة من الأعماق "**Life from the depths**" لـ: ميشل رسل "**Michael Russell**".

(Science Spectra 1, 26 (1996).

(١٣) تجد تبسيطًا ميسّرًا في: سبعة مفاتيح لأصل الحياة "Seven Clues to the Origin of Life" لـــــ: أ.ج. كيرنـــز – ســميث "A.G. Cairns- Smith". (Cambridge University Press, Cambridge 1985).

(١٤) النظام من الفوضى "Order out of Choas" لـ: إيليا بريجوجين "Ilya Prigogine" وإيزابيــل ســتينجرز "Isabelle Stengers». (Hienemann London, 1984, Chapters).

(١٥) للتبسيط المُيسَّر انظر: مع الكون كوطن "At Home in the Universe" لـــــ: ســتيوارت كوفمان "Stuart Kauffman». (Oxford University Press, Oxford (1995)).

(١٦) الحياة عند حافة الفوضى "Life at the edge of chaos" لـ: جون ماينارد ســميث "John Maynard Smith». (New York Review, 2 March 1995, p. 28).

(١٧) انظر على سبيل المثال التذييل رقم ١٤.

الفصل السادس

الـترابط الـكونى

على بعد ما يقرب من ٢٠٠ كيلومتر غرب مدينة بورت أوجستا **Port Augusta** فى جنوب أستراليا وإلى الوراء من ريف خشن الطابع على حافة نولابور بلين **Nullabor Plain** تقع بحيرة كبيرة جافة ودائرية الشكل بالكاد، وهذا البحيرة تحمل اسم بحيرة أكرامان **Acraman** والتى تمتد من جانب إلى الجانب الآخر بطول يبلغ ٣٠ كيلومترًا. ومع أنها تكاد تتشابه مع كثير من الأحواض أو البرك الملحية فى هذا الجزء من استراليا، فإنها ليست بحيرة اعتيادية من حيث قاعها. فمنذ حوالى ٦٠٠ مليون سنة مضت اقتحمها نيزك من السماء محدثًا بعد اصطدامه المروع بالأرض، حفرة هائلة تعرف الآن بشبه جزيرة إيرى **Eyre Peninsula**، والمقاييس الأصلية لهذه الحفرة تبلغ على الأقل ٩٠ كيلومترًا من الجانب للجانب، وعدة كيلومترات عمقًا. وتعتبر بحيرة أكرامان اليوم هى كل ما بقى من آثار هذه «الندبة» الضخمة الحجم، وكشاهد أبكم أو صامت على هذا التغيّر العتيق الذى يثير فى النفس العجب والخشية معًا.

وهذا التدمير الفيزيائى الذى نتج عن مثل هذا الاصطدام الكونى لا شك أنه يستدعى الخيال لتنشيط التأملات. فمثل هذا الجسم الوافد من الفضاء يصل إلى حوالى عدة كيلومترات من الجانب إلى الحد الآخر، وربما يصل وزنه إلى ما يقرب من مائة مليون طن، مرتحلاً بسرعة تقترب بدورها من ٢٠ إلى ٣٠ كيلومترًا فى الثانية، وعلى هذا النحو فهو يحدث أو يتسبب فى لطمة تعادل على الأقل مائة مليون ميجا طن من مادة **TNT**، أى بما يناظر أبعد كثيرًا من كل الأسلحة النووية الموجودة على الأرض مجتمعة. وعند دخوله جو الأرض فهو

يحل مَحلَه عمود هواء واسع للغاية، منشئًا صدمة قوية شديدة، تدور موجتها حول الأرض. وعند اصطدامه بالأرض، فإن النيزك ومعظم المواد فى موقع الارتطام تتجزأ على التو. كما تتخلع من الأرض المحفورة كميات ضخمة من الصخور وتنطلق، مندفعة إلى الهواء وحتى إلى الفضاء المحيط، تاركة وراءها ما يشبه الفوهة الواسعة للغاية لبركان ما. ومن ثم ترتد هذه القذائف الصخرية إلى الأرض مرة أخرى فى شكل انهمار مطر صخرى، وثمة على بعد مئات أو حتى آلاف الكيلومترات، تتقد وتشتعل بعنف الظاهرة النباتية بأسرها. وهذه الصدمة الأرضية المهولة الناتجة عن الارتطام المبدئى والذى يفوق أكثر الزلازل عنفًا، سوف تستمر فى «انتقامها» التدميرى. وإذا ما وقع هذا النيزك فى البحر، فلربما تنتج عن ذلك أمواج، يصل ارتفاعها لعدة كيلومترات، مدمرة حدود المحيط إلى حد غمر مناطق هائلة من الأراضى. هذا وسيلتف التراب المتصاعد من الارتطام الكرة الأرضية بأسرها إلى حد أنه يقيم حاجزًا بين الشمس والأرض لعدة شهور، خاسفًا ضوئها، ومحدثًا أمطارًا حمضية تسمم الأرض والبحر معًا. وما يتبع ذلك بالطبع سوف يصل تأثيره المهلك لكل أنواع الحياة المعروفة وسرعان ما تؤدى إلى انقراضها.

وهذا الاصطدام الكونى الذى أنشأ بحيرة أكرامان ليس فريدًا فى نوعه بأى شكل من الأشكال. فبين كل عدة ملايين قليلة من السنين يصطدم مذنب أو كويكب بالأرض بقوة تكفى لوقوع مثل هذا التدمير العالمى الواسع. وفى الماضى، ربما كانت مثل هذه المواجهات أو التقابلات بين الأجرام من مألوف الأمور. وقد أصبح واضحًا وعلى مدى واسع الانتشار أن مثل هذه الاصطدامات الكونية كان لها الأثر الكبير على الأشكال، التى وقع بها تطور الحياة، من خلال قدح أو الحث على الانقراض المرة تلو المرة، كما لعبت دورًا حاسمًا فى مسألة أصل الحياة. وحتى وقت قريب كان العلماء مشدودين بشكل رئيسى إلى الكيمياء والجيولوجيا فى محاولتهم تفسير النشوء الإحيائى، وكانت الأرض تعامل من قبلهم على أنها نظام معزول. ولكن عبر العقود الأخيرة من السنين، فقد أغرقتهم الاتجاهات الفلكية

للحياة، وأهميتها الحاسمة لها. ولكي نحصل على مزيد من فهم كيف بدأت الحيـــاة، فعلينا أن نَصّاعد بنظرنا إلى النجوم، بحثًا عن أجوبة الأسئلة المثارة.

الغبار النجمي في عينيك:

إذا كان مخزون الذرات هو من قبيل ما يُستنزف بأكبر مـــن قـــوة الأشـــياء الحية ذاتها وإذا ما كانت القوة المنشئة للطبيعة، كانت حاضرة أيضًا، فلماذا إذن لا يجب أن تعترف أن ثمة عوالم أخرى توجد في أي مناطق السماء وقوافل مختلفـــة من الرجال، ومزيد من أنواع الحيوانات الضارية، وبهذه الكلمات المفعمة بالحيـــاة للشاعر والفيلسوف الروماني لوكريتوس **Lucretius**(١) سعى إلى حثنا للاعتقاد بأننا لسنا وحدنا في الكون. وكان يعني إنه إذا كان الكون مصنوعًا من ذرات متماثلـــة تخضع لنفس القوانين الكونية للطبيعة، فلا بد أن العمليات التي أنتجت الحياة علـــى الأرض، قد قامت بنفس العمل في عوالم أخرى. وتاريخ المناقشة الجاريـــة الـــذي يرجع إلى ذلك الروماني الذري(*) لوكريتوس، يجبرنا على مثل هذا الاعتقاد. ولكن هل هو صحيح؟

وقد أكد الفلكيون من خلال ملاحظاتهم عبر المناظير الفضائية أن الـــذرات هي ذاتها عبر الكون كله بالطبع. وعليـــه فـــإن ذرة كربـــون بمجـــرّة أندروميـــدا **Andromeda** تتطابق مع مثيلتها على الأرض. وثمة خمسة عناصر كيميائية تلعب دورًا بالغ الأهمية والحسم فـــي البيولوجيـــا الأرضـــية هـــي الكربـــون **Corbon** والأكـــــسيجين **Oxygen** والهيـــــدروجين **Hydrogen** والنيتـــــروجين **Nitrogen** والفوسفور **Phosphorus**، ويبدو أن هذه العناصر موجودة بوفرة، بل مـــن أكثـــر العناصر وفرة في الكون.

(*) من أتباع النظرية الذرية آنئذ التي تقول بأن الكون عبارة عن ذرات (المترجم).

والكربون بالذات هو من أكثر تلك العناصر حيوية، ولنقل إنه أشبه بعروس المجال أو أكثرها أبّهة وفخامة، وذلك بسبب خواصه الكيميائية الفريدة، فذرات الكربون يمكنها أن ترتبط ببعضها البعض، مكونة شريطاً ممتدًا من الجزيئات أو البولميرات **Polymers**(*) غير محدودة التنوع والتعقيد. البروتين والدنا يعتبران مثلين على هذه السلاسل الطويلة من الجزيئات. ومن هنا فإنه إذا لم يكن ثمة كربون لاستحالت الحياة كما نعرفها الآن. ومن المحتمل أن يكون كذلك أى نوع آخر من الحياة.

هذا وعندما بدأ الكون بالانفجار الكبير كان الكربون غائبًا عن الوجود، لأن الحرارة الكثيفة الهائلة التى صاحبت ميلاد الكون حالت دون تشكل أى ذرات نووية، وبدلاً من ذلك فمادة الكون تكونت من «حساء» تغلب عليه عناصر بدائية مثل البروتينات والنيترونات. ومعظم البروتينات ظلت غير ملحقة بهذا الحساء وذهبت لتشكل نوى الذرات الهيدروجينية ومع ذلك وعندما تمدد الكون واكتسب برودته عبر الدقائق القليلة الأولى، فثمة تفاعلات نووية حولت بعض الهيدروجين إلى هيليوم **Helium** وبعض الدخان إلى كربون.

ومع ذلك فمعظم الكربون الموجود فى الكون لم يأتنا من الانفجار الكبير ولكن من النجوم. النجوم هى رد فعل اندماجات نووية، والتى عادة ما تحرق الهيدروجين لإنتاج الهيليوم. وفى النجوم الكبيرة تكون الخطوة التالية هى تحويل الهيليوم إلى كربون. وبعد ذلك، فإن العناصر المألوفة الأخرى (الأكسجين والنيتروجين وما إليها) يتم صنعها، ومعظم هذه العناصر الأثقل تبقى منحصرة فى النجوم، ولكن بين الحين والحين يتم تحريرها عندما ينفجر النجم. كما أن هناك تيارًا ثانيًا من المواد يهب علينا عبر الرياح الشمسية، وأيضًا عمليات مشابهة تحدث فى نظام النجوم.

(*) مادة تتكون من تجمع جزيئات بسيطة لتصبح ذات حجم جزيئى أكبر (المترجم).

وبأى من الطريقين فإن العناصر المبددة تلك تختلط بالسحب المحملة أساسًا بغاز الهيدروجين والتى تهوّم فى الفضاء الواقع بين النجوم. ومع اكتمال الوقت اللازم، فإن هذه السحب الغازية تتفاعل مع بعضها البعض، مشكّلة نجومًا جديدة، ونظامًا للكواكب، وهكذا تدرك أن الكربون والعناصر الأخرى الناجمة عن النجوم الميتة سوف تختلط أيضًا بذات السحب.

ولنتخيل معى أن نظامنا الشمسى قد تشكل على النحو الذى وصفته توًا منذ ٤,٥ بليون سنة مضت، أى أن سحابة مهولة من الهيدروجين محملة بعناصر ثقيلة نوعًا أدت إلى تثقيبها، وإلى انكماشها تدريجيًا. وهنا وهناك تتقاطر الجاذبية بأقصى جهد لها أو تشد تلك الغازات إلى ما يصير بها إلى ما يشبه الفقاعات الكثيفة اللولبية الحركة. هذا التكوّم أو التكريس سيؤول مصيره إلى عنقود من النجوم الجديدة. وواحدة من بين هذه النجوم هى شمسنا. وحولها فإن الغاز والتراب سيدوم فى شكل نموذج معقد، مشكلاً ما يشبه بالأسطوانة من مجموعة الغيوم السديمية **nebula**، وفى النهاية تؤول إلى كواكب غازية مكثفة هائلة الحجم مثل كوكب زحل **Saturn**. والعناصر الثقيلة تتركز فى المناطق الداخلية للشكل الأسطوانى المشار إليه، حيث يندمجون فى كوكب الأرض وجاراتها. وعلى هذا النحو، فإن المادة التى صنعت كوكبنا ليست بدائية، وإنما هو الغبار النووى من النجوم التى انفجرت واتقد لهبها، وماتت قبل أن يوجد النظام الشمسى بمدة طويلة.

ومنذ أن تَشَكّلت الأرض لم تبق المواد داخلها، ولكن استمر الكربون والهيدروجين والنيتروجين، فى الدوران المتعاقب فى جوها، صانعًا من خلال عمليات بيولوجية وجيولوجية ما يشبه القشرة حول الأرض، تعرف بالغلاف الجوى المحيط بها. وعندما يموت كائن عضوى ويتلاشى، فإن ذراته تتحرر مرتدة إلى البيئة فى بعض منها، ويصبح فى النهاية جزءًا من كينونات عضوية أخرى. وثمة إحصاءات مبسطة تكشف أن جسدك يشمل ذرة كربون تقريبًا من كل ميللجرام من كائن عضوى قضى نحبه منذ ألف

عام. وهذه الحقيقة البسيطة لها عدة تطبيقات مدهشة. فأنت على سبيل المثال تستضيف في بدنك حوالي بليون ذرة كانت فيما مضى تخص السيد المسيح أو يوليوس قيصر أو بوذا أو الشجرة التي جلس تحتها بوذا[٢].

وفي المرة القادمة التي تنظر فيها إلى نفسك في المرآة، حاول أن تفكر في التاريخ الطويل بأحداثه العديدة التي مرت بها الذرات المشكلة لبدنك، وتذكر أن ما تراه من لحم والعينين اللتين تراه بهما، جميعها مصنوعة من «غبار النجوم».

الكيمياء الكونية:

لقد نشأت معتقدًا أن الكيمياء هي شيء يجري في أنابيب الاختبار. وهذا ما سبب لي الاندهاش عندما تعلمت عام ١٩٦٩ أن جزيئات الأمونيا **ammonia** والماء تم اكتشافهما في الفضاء الخارجي وتعجبت كيف تواجدت هناك؟ بالطبع، عَرِفَ الفلكيون منذ زمن طويل أن الفضاء ليس فارغًا تمامًا. وأن الفجوات بين النجوم تشتمل على سحابات رقيقة من الغاز والتراب. وحتى فإن سحابة غازية كثيفة نوعًا تدور بين النجوم، يمكنها أن تحوي مليون ذرة في كل سنتيمتر مكعب، والتي يمكن اعتبارها فراغًا **vacuum**، لا يمكن الوصول إليه في المعمل. وفي وسط مفرط كهذا فضلاً عما هو أقل وأقل من الصفر كدرجة حرارة، فإن الفرصة ستكون ضئيلة لحدوث تفاعلات كيميائية. ولكن الأمر ليس على هذا النحو.

من الناحية التاريخية، كانت أول إشارة عن احتمال وجود جزيئات في الفضاء ترجع إلى بواكير العشرينيات من القرن الماضي عندما اكتشف الفلكي هـ.ل. هيجر **H.L. Heger** بعض الملامح الغريبة، الشرائط في الأطواق المنتشرة بين النجوم **diffuse interstellar bands**، وذلك في نطاق النجوم وليس على مبعدة منها. وفي النهاية تم امتصاصها أو استغراقها بواسطة جزيئات غير معروفة تقع في الفضاء في ممرات الضوء، ولكن لم يُقيّض للفكرة أن يتم هضمها. وبعد عدة

عقود زمنية، وفيما تلا اكتشاف الأمونيا والمياه البين نجمية، تسارع نمو قائمة الجزيئات الفضائية المعروفة. واليوم تم تعريف ما يزيد على ١٠٠ مادة كيميائية، أغلبها تم التعرف عليه عبر الإشعاعات وتيلسكوبات الأشعة تحت الحمراء.

ومعظم الجزيئات البين نجمية جزيئات عضوية، والمشترك العام بينها هو احتواؤها على أول أكسيد كربون **carbon monaxide**(*)، كما تحتوى أيضًا على الأسيتلين **acetylene**(**) والفورمالدهايد **formaldehyde**(***). والكحول **alcohol**(****)، وذلك بوفرة ملحوظة. وثمة عضويات أكثر تعقيدًا تم اكتشافها فيما بعد مثل الأحماض الأمينية و **PAHs** (بولى سيبسلك أروماتيك هايدروكربون) **polycyclic aromatic hydrocarbons**(*****).

ومن الواضح الآن أن ثمة وفرة فى العناصر الأساسية التى ساعدت على الحياة فى كل أنحاء الكون، حتى إن كثيرًا من الجزيئات العضوية قد استفادت الحياة منها واستخدمتها. ومع بلايين السنين التى استغرقتها الكيمياء الكونية لتكثير وتوليد تلك العناصر، فقد كان ثمة وقت وفير لبناء سحابات هائلة الاتساع محملة بالجزيئات، والتى ظهرت من بينها النجوم والنظام الكوكبى كله.

هذا، ويقتنع الفلكيون الذين درسوا كيمياء سحابات الغاز البين نجمية، بأن جسيمات التراب قد لعبت دورًا مهمًا تلحق الكيماويات بسطحها الصلب وتتفاعل

(*) كربون أحادى الأوكسيد وهو الذى يحتوى على ذرة أوكسجين واحدة فى كل جزىء منه.

(**) غاز عديم اللون والرائحة يستخدم فى اللحام.

(***) غاز مطهر شديد الفاعلية، ويستخدم الشكل المحلول منه فى التطبيقات الطبية.

(****) الكحول عبارة عن سائل طيار عديم اللون يستقطر من اختمار بعض المواد السكرية، وهو يمتزج بالماء ويذيب الكثير من المواد العضوية والمعدنية ويستخدم كمطهر وكمذيب فى الصناعات الطبية والصيدلانية (المترجم).

(*****) مركب عضوى يتكون من ذرات الكربون والهيدروجين فقط (هيدروكربون) فى شكل حلقة مستقرة كهربائيًا (أروماتيك)، ولكن هذه الحلقات تكون متعددة (المترجم).

معها بطرق معقدة. وليس من الصعب أن نعثر على البقع الترابية فـــي الفـضاء. مجرد نظرة خاطفة للسماء ليلاً بالقرب من الممر الجنوبي منها **Southern Cross**، وسوف تلاحظ وجود لطخات سوداء كبيرة في درب التبانـــة **Milky Way**. وهــذه المساحات السوداء قد نشأت من خلال سحب التراب التي تخفي ما وراءها من نور النجوم. وهذه الذرات الترابية التي نتحدث عنها أشبه بالحبوب الضئيلة التي تعـادل أقطارها آلاف المليمترات، ولكنها تتضاءل لتكون في حجم الجــزيء. وتركيبهــا ينتج عن كثير من المؤثرات الفيزيائية والكيميائية: الأشعة فوق البنفسجية، الريـــاح النجمية، الموجات الصادمة، الأشعة الكونية. وهي تتــضمن ســيليكات **Silicates** والجليد **Ices** ومواد كربونية كالجرافيت **Graphite** وكثير من العضويات الأخرى. وهذه السحب البين نجمية يمكن أن يمتد عرضها لعدة سنوات ضوئية كثيرة، ولهذا تكون كتلة التراب فيها هائلة. وربما تكون هذه الحبوب أو البــذور البــين نجميــة ضئيلة، ولكنها قد تكون العقل الكيميائي الغائب أو الذكاء غير الواعي الــذي نــسج الحياة.

ومن المثير للعجب أن التراب البين نجمي له تأثيرات حتـــى علـــى خلفيــة كوننا. ومن المدهش أيضًا أن المناطق الداخلية في النظام الشمــسي هـــي منـــاطق ترابية من خلال ما كشفت عنه المسبارات المختلفة. والضوء البروجـــي (الخـــاص بدائرة البروج) الشهير والمنظور بعد غروب الشمس عند خطوط العرض المدارية القريبة من خط الاستواء، هو نتيجة ضوء الشمس المبعثر على الجسيمات الدقيقــة جدًا في الفضاء. والكثير من هذه المادة هو مجرد حطام تام في هذا الموقع، إلا أن البعض منها يشكل تيارًا في الفضاء البين نجمـــي. ويمكنـــك إذن، اعتمـــادًا علـــى سرعتها، أن تقول بأنها العناصر المنهمرة من النجوم. وقد سبق للفلكـــي دونكـــان ستيل **Duncan Steel**، والذي كان في السابق بجامعة أدليد، ومعه رفقاؤه وزملاؤه أن استخدموا نظامًا راداريًا أرضيًا بنيوزيلندا لدراسة الحبوب البين نجميـــة التـــي تصطدم بالأرض. وبتحليل ظاهرة التأين **Ionization** التي تحدث عند لمـــس هـــذه المتدليات الشبيهة بشهب دقيقة تستطيع اختراق الجو من غير أن تتفقـــد حرارتهـــا،

أعنى لمسها للأرض، فقد أبرزت الدراسات أن بعض هذه الجسيمات له سرعة تبلغ حوالي ٧٠ كم في الثانية، وهي سرعة تزيد كثيرًا على إمكانية الإمساك بهـا فـي مدار داخل النظام الشمسي[٣].

التكوّن أو النشوء عبر الفضاء:

انطلقت سفينة الفضاء بيونير ١٠ "**Pioneer 10**" كإحدى السفن الرائـدة فـي مجالها من قاعدة كيب كانا فيرال **Cape Canaveral** فـي ١٩٧٢/٣/٢. وانقطـع الاتصال الراداري معها في ١٩٧٧/٤/١ عندما كانت على مبعدة ١٠ ملايين كيلـو متر من الشمس، والذي جعل منها أبعد شيء مصنوع يدويًا في الوجود، تخيل أنـه قد تم ربطك جيدًا على مقعد بذات سفينة الفضاء بيونير ١٠ لتتقدم معهـا برحلـة للنظام الشمسي وما يليه من كواكب وأجسام فضائية، ففي غـضون سـتة أشـهر ستعبر مدار المريخ، متغلبًا بنجاح على عقبة حزام الكويكبات التي تحصى بالآلاف وتقع بين المريخ والمشترى. وفي أواخر عام ١٩٧٣ ستمر قريبًا مـن المـشترى، وبعد عشر سنوات أخرى ستعبر مدار الكوكب نبتون **Neptune** ثم تغادر الفـضاء البين كوكبي إلى الأبد، موليًا مقصدك إلى النجوم، سوف ترى الشمس حينئـذ فـي حجم يعادل ١/٣٠ مما كانت تبدو عليه وأنت على الأرض ثم ستستمر الشمس فـي الانكماش طوال الوقت. وفي مواجهتك ستجد شقًا أو فجوة مـن الفـراغ والبـرد والظلام. وأقرب النجوم سيكون آنئذ على مبعدة ٤,٣ سنوات ضوئية بما يعني ٤٠ تريليون كيلومتر. وحتى لو كنت ذاهبًا في هذا الاتجاه، وهذا لن يحدث، فإن الرحلة بهذه السرعة ستحتاج منك إلى ١٠,٠٠٠ عام للوصول إلى هنـاك. اسـتقر قلـيلاً لاستراحة طويلة، فليس هناك ما يمكن أن تراه لفترة طويلة.

بعد ارتحالك في الفضاء لعدة آلاف من السنين، وتضمحل الـشمس بحيـث تصبح شيئًا لا يزيد لمعانه على اللمعان الشديد لنجمة بعيدة. ثمة هبة ريح أو تساقط نشط للثلوج بالقرب من موقعك الحالي، هناك شيء يحدث في الخارج فـي عتمـة

الفضاء البين كوكبي، وثمة كتلة ما تتسل فجأت وبسلاسة ولكنها غير واضحة. وبشكل مبدئي تأخذ الشكل الكروى ويبدو أنها تبلغ عشرة كيلومترات من طرفها إلى طرفها الآخر. وبنظرة فاحصة قريبة، ستعرف أن هذا الشيء هو خليط غير منتظم من الصخور والثلج والقطران **Tar**: إنه مذنب.

وباستمرارك في الترحال أكثر وأكثر، ستظل تظهر مذنبات أخرى تتسلل إلى الأجواء في صمت، وستظل أنت متجاوزًا أو مكتسحًا هذه الأشياء المراوغة والمحيرة في آن معًا: تريليون من كرات الثلج المتسخة مع بعضها البعض، وجحافل من الأشكال العنقودية فيما يشبه خلية النحل تحيط بالشمس وغيرها من الكواكب. وهنا وعلى بعد سنة ضوئية كاملة من المركز، فإن هذا التركيب الواسع من الأشياء الصغيرة الموصوفة سيكون علامة على الحد الخارجي الحقيقي للنظام الشمسي. وربما يكون موقعًا نائيًا ومنتشرًا على نحو واسع، إلا أن المذنبات ستظل مقيدة بمجال جاذبية الشمس الآخذة في التلاشي.

ومن الناحية الواقعية لم يستطع أحد أن يرى المذنبات المحيطة بنظامنا الشمسي، ولكن وجودها أصبح مقبولاً من الفلكيين، منذ تنبأ بذلك لأول مرة جان أورت **Jan Oart** عام ١٩٥٠. والكتل الداخلية من المادة في سحابة أورت لا تشبه المذنبات بمفهومها التقليدي، والتي تتلألأ في السماء وينبت لها ذيل، ولكن سحابة أورت تعتبر البيت الحقيقي للمذنبات والمستودع الذي يمدنا بمعين لا ينضب منها.

وهذه المذنبات تظل نوعًا من الألغاز، حتى ولو أنها لوحظت عن كثب منذ قرون. وحتى وقت قريب استبعدها معظم الفلكيين من المشهد باعتبارها من اللاعبين الصغار في الدراما السماوية، على الرغم من الهواجس المرعبة التي ولدها مرورها في الثقافات القديمة. أما اليوم فقد تبدل هذا الرأي لتصبح المذنبات على رأس الموضوعات الساخنة، ويتعلق أحد أهم أسباب هذا التغير بعمر هذه المذنبات، إنها تعتبر من البواقي التي لا تزال مستمرة من ميلاد النظام الشمسي نفسه، أو نماذج محتفظة بحالتها القديمة من مادة السديم الشمسي، وربما كانت

منقوعة أو منغمسة في مادة بين كوكبية أكبر منها بكثير. فعلى سبيل المثال يعد التراب الذي ينفثه المذنب هالي "Halley" أقدم عنصر قام العلماء بتحليله. فقد ظل هذا المذنب البدائي من دون تغيير وفي قلب عمق الثلاجة الفضائية لمدة ٤,٥ بليون من السنين.

ومن الأشياء المثيرة والضاغطة بشأن هذه المذنبات، هو الدور الذي يبدو أنها لعبته في أصل وتطور الحياة. ولكي تدرك مدى أهميته، يجب أن تعود إلى الوراء بفكرك إلى بداية نشوء النظام الشمسي. أعني الطريقة التي تشكلت بها الكواكب من خلال الاهتياج والاضطراب العظيمين للسديم الشمسي، والذي كان في غاية التعقيد. حيث بدأت العملية باحتشاد وتجمع جسيمات ضئيلة، ثم تصادمت ومن ثم اندمجت مع بعضها البعض وعلى نحو بطيء أصبحت تشكل تجمعًا أكبر وأكبر من المادة الصلبة. وهذه البذور في داخل النظام الشمسي هي بالأساس مكونة من سيليكات silicates مقاومة للحرارة. وأكثر من ذلك فثمة بذور كانت قابلة أو قادرة على الطيران تكثفت.

ومع تزايد حجم وكتلة تلك الشظايا بدأت تمارس جاذبية لحسابها الخاص فشدت جاراتها. وبذلك أصبحت التصادمات أكثر عنفًا منذ تجاذبت هذه القطع الكبيرة إلى بعضها عبر قوة أكبر. وبعد ربما عشرة آلاف سنة من الدوران ابتلعتها كويكبات(*) يبلغ حجمها بضع مئات من الكيلومترات، وبعد مليون سنة انطلق كوكب في حجم المريخ إلى مداره حول الشمس، وأصبحت مواجهة الجاذبية الهائلة والمروعة من الأمور التي لا يمكن تجنبها. وعند نقطة معينة، فقد تم الاصطدام بالأرض على نحو مائل أو منحرف بواسطة واحد من هذه الأشياء، محدثًا آثارًا هائلة. إذ اخترق هذا الجسم الأرض إلى حتى مركزها الداخلي، مُنشِئًا بذلك قلبها الحديدي. كما انزاح الغلاف الخارجي الأخف للأرض بعد اقتلاعه بسبب الصدمة

(*) من الأجرام السماوية الصغيرة نسبيًا، والتي يظن أنها وجدت في مرحلة مبكرة من نشوء النظام الشمسي (المترجم).

منطلقًا إلى الفضاء، مُنتجًا بذلك مدارًا أسطوانيًا صغيرًا حول الأرض، لحطام هـذه القشرة المنتزعة، والتي استضافت فيما بعد ما عرف باسم القمر. فـضلاً عـن أن الطاقة المهولة المُنتَجَة قد حفظت الأرض جافة من أى مادة قابلة للتطاير.

وفيما بعد أصبحت سرعة الوقائع فى النظام الشمسى أقل اهتياجًا أو سعارًا، لأن المادة هناك أصبحت أكثر رقة وأقل كثافة، كما أدت ظروف البرد إلى تجمـد مواد مثل الماء والكبريت **sulphur**. وعلى نحو حاسم فربما عاش الهيـدروكربون (الضعيف) من الغاز الرئيسى للسحابة فيما قبل حرارة الشمس فى هـذه المنطقـة. وتجمعت بذور أو حبات التراب الدقيقة حولها وفيما يشبه الزغب أو الـريش مـن آثار بللورات الثلج الذى قامت بإذابته. ومن حين لآخر، فإن هذه الكِـسَف الثلجيـة تتصادم مع بعضها وتلتصق. ولكونها تنتشر على مدى عريض، فإن هذه الجسيمات الثلجية لا تتكتل فورًا فى شكل كواكب، بل تشكل تجمعات غفيرة فى شكل أجـسام ثلجية صغيرة (نسبيًا)، يتراوح حجمها من عدة كيلومترات من جانب إلى الآخـر، كالمذنب إلى كويكب أكبر من ذلك بمائة مرة. وبعد حوالى عشرة بلايـين سـنة، تجمع عدد كاف من هذه الأجسام الثلجية، لينشأ جنين الكوكب العملاق: المـشترى. وبمجرد أن بلغ هذه الكوكب حجمًا يعادل حوالى عشرة مرات من كتلـة الأرض، فقد بدأ المشترى ينمو بفعل إضافات الأجسام الشاردة في الفضاء، واستطاعت قـوة مجال جاذبيته أن تمضى أو تنثر بعيدًا حطام شريط عريض من السديم، مُستَلبة ما يكفى من مواد حزام الكويكبات السيارة (بين المشترى والمريخ) لتـشكيل كوكـب مستقل ذى شكل قزمي: المريخ. وعلى نفس منوال النمو، والـذى تكـرر لنـشوء الكواكب زحل **Saturn** ولُورانوس **Uranus** ونبتون **Neptune**، ولكن على مستوى أكثر بطئًا بسبب الكثافة الأقل للسديم مع طول استمراره. وفيما وراء مدار نبتـون، فإن الكويكبات موزعة بشكل شديد التناثر وعلى نحو لا يتسنى معه تشكّل كوكـب (كوكب بلوتو **Pluto** ليس كوكبًا حقيقيًا) وعديد من هذه الكويكبات الثلجية مازالـت هناك على التخوم الخارجية للنظام الشمسى، مظلمة على نحو ما، وغير واضـحة، وتدور فى مدار حول الشمس فيما يعرف بحزام كويبر **Kuiper belt**.

وقد استطاعت مجالات الجاذبية عبر العصور الممتدة أن تدفع كثيرًا من الأجسام الثلجية إلى الفضاء لتصبح بين نجمية. وأغلب هذه الأجسام قد دُفع بها وبغير عودة خارج النظام الشمسى، وبعضها اندفع بعيدًا إلى ما أصبح فى النهاية سحابة أورت **Oort claud**. وهذه البعثرة الناجمة عن الجاذبية كانت عشوائية بالكامل، حيث راحت ملايين من هذه الكتل تحت الاندفاع إلى داخل النظام الشمسى أيضًا، وبعضها تهشم داخل الكواكب. وتكرر الاصطدام فى البداية من الكويكبات الذائبة فى المنطقة الواقعة بين كوكبى المريخ والمشترى، ومرة أخرى بواسطة المذنبات القادمة من نطاق كوكب المشترى. وعبر مدة زمنية أطول أصبحت هذه الأجسام الثلجية، كواكب زحل وأورانوس ونبتون والتى سبق قذفها بعنف إلى ما بين الكواكب فى النظام الشمسى. أما الأجسام خارج هذا النظام فقد أضافت مادة صخرية مضيئة خادعة المظهر للقشرة الأرضية. وما هو أكثر أهمية أنها دفعت بكميات هائلة من المياه كافية لنشوء ما نراه من محيطات لعدة مرات أكثر منها. ومع هذه المياه جاء الكثير من الجسيمات القابلة للطيران والتوليد والتى كانت الأرض تفتقدها، خاصة تلك التى شجعت على نشوء الحياة العضوية. وعند هذه المرحلة، هبت رياح عنيفة من السديم الشمسى الأصلى، دافعة أمامها غازات الهيدروجين والهيليوم وغيرهما، بعضها استقر فى جو المشترى وذهب الباقى إلى التلاشى فيما بين النجوم. ويشبه الأمر أن تكون الأرض قد تركت بقليل أو بلا جو بدائى على الإطلاق، ولكن مع تدفق الماده المُذَنَّبيّة فقد تم تطويق الأرض مرة أخرى بعباءة من الغازات الكثيفة مع مزيد من الأبخرة البركانية التى أراقها الجزء الداخلى المنصهر من الأرض.

وبعد مائة مليون سنة، كان قد اكتمل تشكل الأرض بالكاد. ومع ذلك أصبحت بعد نصف بليون سنة تشبه الكوكب الأزرق الذى نعرفه اليوم. كان السطح ساخنًا، والمحيطات أكثر عمقًا والجو العام أكثر ميلاً للتحطيم، والأنشطة البركانية أوسع انتشارًا، وكوكب القمر أكثر قربًا، وأمواج المد أضخم. وكوكب

الأرض يدور بسرعة أكثر بكثير مما هو عليه الآن بحيث يعقب النهار الليل في غضون ساعات قليلة. وكان الاختلاف الكبير متعلقًا باستمرار التهديد القادم من الفضاء. نفس الكويكبات والمذنبات التي ساعدت في تشكيل سطح الكوكب لم توقف أنشطتها بشكل مفاجئ، بل استمرت تصل عصرًا بعد عصر بحمولاتها من الثلج والمواد العضوية. وفي الواقع هي لم تزل تجيء. إلا أنها عند تلك المرحلة تكون قد بدأت مساهمتها في تاريخ الحياة.

تأثير الصدمات:

«المذنبات جاءت بها، وهي أيضًا التي أخذتها بعيدًا»

كارل ساجان Carl Sagan[٤].

واحد من الأسباب التي تجعل من الكتاب المقدس مما يَحْسُن قراءته هو أنه مليء بالدراما والمشاهد: نيران وصخور كبريتية والطاعون والأوبئة، وعلامات في السماء وفيضانات ومياه تنفصل عن بعضها. وإذا كان العالم قد أنشئ منذ ٦٠٠٠ عام، كما اعتقد كثير من المسيحيين القدامى (من الواضح أن القليل منهم لا يزال عند هذا الاعتقاد)، فلا بد أن القوة المنشئة للطبيعية كانت معينة ومنشغلة بالطبع في إنشاء الشكل الحالي لكوكبنا من بناء للجبال والمحيطات والأودية التي تحمل النفايات، وتحريك المجلدات **glaciers** أو أنهار الجليد.

وعندما حاول الجيولوجيون في القرن ١٨ إعطاء تفسير للجبال وأودية الأنهار، وملوحة المحيطات وأنهار الجليد، وأطوار حياة الصخور والأحفورات من خلال مصطلحات العمليات الفيزيائية بعيدًا عن الدور الإلهي في ذلك، فقد تبينوا أن هذه الأشياء استغرقت في نشوئها أكثر من ٦٠٠٠ سنة. وفي عام ١٧٨٥ أعلن الإسكتلندي جيمس هاتون **Hutton**، والمنقوش على اللوحة التذكارية لمقبرته أنه مؤسس الجيولوجيا الحديثة[٥]، أن تاريخ جيولوجيا الأرض الذي لم نعثر له على

بقايا يمكن أن تحدد بدايته، يبدو كمشهد لا نهاية له. لقد اعتقد هاتون أن ملامح سطح كوكب الأرض قد تشكلت على نحو تدريجي من التغييرات المتزايدة والممتدة عبر فترات هائلة من الزمن، لقد تبين له أن ملايين من السنوات احتاجتها الصخور الرسوبية لتتراكم على هذا النحو مع بروز الجبال من بينها وتعرضها أيضًا لعوامل الحتّ.

لقد بدت أفكار هاتون هذه كنوع من «اللا تشكلية المصنوعة» **informitarianism**، وذلك بالمقارنة مع العقلية الكارثية لدى أتباع الكتاب المقدس، الذين يعتقدون بتفسير أن شكل الأرض يرجع إلى فيضان سيدنا نوح، والتشويه البركاني المستمر والصواعق السماوية. وقد احتضن تشارلز ليل **Charles Lyell** بجماع قلبه هذه «اللا تشكلية المصنوعة» في بحوث ورسالة هاتون وطبعها في كتاب بعنوان «مبادئ الجيولوجيا» **"Principles of Geology"**، والذي تم نشره في عام ١٨٣٠. وعند هذه المرحلة بدا واضحًا للعلماء أن التغيرات الجيولوجية تطلبت بلايين السنين، وليس مجرد الملايين منها، لكي تستكمل الصورة التي هي عليها. وهي نتيجة ستكون متناغمة ومرضية لتشارلز دارون، الذي تخيل أن التطور البيولوجي قد استغرق سلسلة طويلة من التأقلم البطيء والتراكم عبر فترات مشابهة من حيث الطول.

ومع الإدراك المتأخر زمنيًا، يمكننا أن نرى أن «اللا تشكلية المصنوعة» قد ساقت إلى رد فعل ضد التأملات الدينية عن الطبيعة. وعلى الجملة، فقد أثبتت أن هذه الأخيرة تعتبر عقيدة عنيدة أو حَرُون أو مستعصية. وثمة أدلة عن الجيشان الفجائي جيولوجيًا وبيولوجيًّا كانت واضحة لوقت طويل، ولكن تم تجاهلها بشدة. حتى هؤلاء الذين حاولوا لفت الانتباه إليها، فقد تم إبعادهم كقوم لهم أهمية في المجال. وعندما حدس الفلكي الجلل إدموند هالي **Edmond Holley** عام ١٦٩٤ أن مذنبًا ربما صدم كوكب الأرض عن طريق المصادفة، فقد تم استهجان مقترحه وإهماله جانبًا. وفي عام ١٨٧٣ كان الفلكي الإنجليزي هـ. إيه. بروكتور

H.A. Proctor جريئًا بدرجة كافية ليقترح أن الحفرات الهلالية الشكل ربما تكون نتيجة لصدمات للكوكب بواسطة الكويكبات، ولكنه سارع بإهمال دعواه واستبدالها بحقيقة أن فوهات مشابهة لم تكن واضحة على سطح الأرض.

وفى ستينيات القرن الماضى تأكد لدى بعض الفلكيين أن الحفر أو الفوهات هلالية الشكل أو الدائرية هى فى أغلبها ذات أصل بركاني. لقد كان الأمر يحتاج لهبوط مركبة الفضاء أبوللو على سطح القمر، لتبرهن فى النهاية على أن الحفر الموجودة فى سطحه تسبّب فيها وابل ممتد من صدمات الأجسام القادمة من الفضاء.

هذا وقد أظهرت لنا الصور التي التقطناها لكواكب وأقمار أخرى، وجود فوهات أو حفرات مشابهة وكثيفة: عطارد والمريخ يعتبران مثالين جيدين على ذلك. وهذه الأجسام استطاعت أن تحتفظ بسجل للتصادمات التى وقعت بها، بسبب افتقادها للأجواء الكثيفة وضعف نشاطها الجيولوجى. وبالمقارنة مع الأرض، فإن الحفر التى خلفتها التصادمات قد مُحيت تقريبًا بسبب عوامل التعرية وما تفعله من تآكل وحتى مع ذلك فقد بقى على الأقل موقع لـ ٢٥ حفرة تم التعرف عليها بشكل إيجابى فى أستراليا وغيرها، وفى الولايات المتحدة الأمريكية بالقرب من مدينة ويندسلو **Windslow**، في ولاية أريزونا **Arizona** هناك حفرة شهيرة تعرف بالحفرة النيزكية **Meteor Crater** أو باسم حفرة بارنجر **Barringer Crater**، والتى يبلغ قطرها ١,٢ كيلومتر وعمقها ١٠٠ متر، ويصل عمرها إلى ٣٠٠٠٠ عام. وتعتبر بذلك أقدم وأكبر حفرة ناتجة عن تصادم نيزكى بالأرض معروفة مثل بحيرة أكرامان **Acraman**، والتى أشرت إليها فى السابق.

وتعد دراسة القمر من أفضل الوسائل لإعادة بناء ما وقع للأرض من وابل للتصادمات ذلك أن القمر من الناحية الفلكية يعد من أقرب الكواكب للأرض، وعليه فهى كانت هدفًا لأى تعاملات جرت مع تخوم جارنا الصغير (القمر). حتى إن تيلسكوبًا صغيرًا، وحتى نظارة معظمة، سوف يكشفان بعض الحفر القمرية الأكبر

حجمًا والتى يرجع عمر أقدمها إلى أكثر من ٤ بلايين سنة، وإن كان كثيرًا مما هو أصغر منها أقرب زمنيًا منها. وتلك التى وقعت من تصادمات أحدث سنجدها تعلو حفرًا أقدم منها، ذلك أن الحفر الأحدث تتجه إلى محو وتمويه الأقدم منها. وعلى ذلك فإن محاولة ملء الثغرات التاريخية منذ الـ ٥٠٠ مليون سنة الأولى، تعد عملاً من أعمال التخمين. ومن ناحية أخرى، فإن النماذج الرياضية والسجل القمرى الباقى يقترحان أو يؤيدان أن جميع الأجسام السماوية فى داخل النظام الشمسى قد تلقت ضربات صدامية من جانب الحطام أو الأطلال الكوكبية المحلية، وأيضًا من الكويكبات والمذنبات العملاقة القادمة من الفضاء خارج النظام الشمسى. وهذه التصادمات يجرى تعقبها تدرجًا منذ أكثر من عدة مئات الملايين من السنين، فقط لتلخيص واستعادة ما يمكن أن يكون قد وقع من ضراوة منذ ٣,٨ إلى ٤ ملايين سنة مضت. إنه إذن المرحلة أو الوجه من ظاهرة العنف المكثف الذى نشأ عنه سطح القمر من حيث الأحواض البِركيّة (نسبة إلى البِركَة) المسطحة والمظلمة، والتى تُركت مملوءة بالحمم ومقذوفات البراكين والتى بقيت ناعمة وملساء وهادئة نسبيًا وساكنة بعد كوارث الصدمات. وتختلف الآراء حول سبب ومدى الصدمات المتأخرة فبعض الفلكيين يعتقدون أن ذلك ينحصر فى قرب الأرض من القمر، ويرى آخرون أنه يشمل أيضًا كل النطاق الذى يضم النظام الشمسى بأسره. وربما يرجع السبب إلى انشقاق القمر أو إلى مارد يأخذ شكل المذنب.

ومن وجهة نظر الحياة فإن معنى هذا الوابل المكثف من الاصطدامات هو ما يشبه توريد العضويات. وعندما حلقت سفينة الفضاء جيوتو **Giotto** بالقرب من المذنب هالى **Hally** عام ١٩٨٦، فقد كشفت عن قلب للمذنب عبارة عن كتلة من القار الأسود يشمل الكربون والهيدروجين والنيتروجين والكبريت، وبتحليل الغبار المتدفق من رأس المذنب تبين أن حوالى ثلثه عبارة عن مادة عضوية. كما تم رصد جسيمات عادة مثل البنزين(*) **benzene** والميثانول(**) وأحماض خلّيّة

(*) سائل ملتهب يستخرج من قطران الفحم ويستعمل فى صنع اللدائن وغيرها (المترجم).

(**) سائل كحولى ملتهب وله طابع السمّية (المترجم).

(من الخل). فضلاً عن بعض ما يعتبر قوالب طوب البناء للأحماض النووية. وإذا كان هالى على هذا النحو، فيكون من السهل أن نعتبر المذنبات هى التـى أمـدت الأرض بما يكفى من الكربون لنشوء الغلاف الجوى لـلأرض فاطبـة. كمـا أن صورة مشابهة قد وقعت للأجسام الثلجية الأكبر حجمًا فى النظام الشمـسى. وقـد وجد الفلكيون مؤخرًا بعض الأشياء الغريبـة أطلقـوا عليهـا اسـم «القنطـور» Contour(*) وهى تجوب هذا النطاق قادمة من حزام كـويبر. وهـذه الكويكبـات الصغيرة(**) ذات لون أحمر قاتم ويبـدو أنهـا مغطـاة بفـضلات بدائيـة غنيـة بالهايدروكربون.

هذا كله يغرينا بالاعتقاد أن هذه التصادمات العائدة إلى المذنبات والكويكبات السيارة والكويكبات الصغيرة هى التى حَمّلت الأرض بطبقة من المـادة العـضوية والمياه، التى بالتالى شكلت «الحساء» البدائى والذى انبثقت منه الحياة فى النهايـة. ومع ذلك فثمة صعوبات تعترض هذه النظرية ذلك أن تصادم المذنب مـع الأرض يعتبر واقعة تتسم بالعنف البالغ لدرجة أنها مهلكة للعضويات بأكثر من أن تمد بهـا الأرض. كما أن الأشياء الصغيرة التى تقتحم الغلاف الجوى بسرعة عاليـة تميـل لأن تحترق بشكل كامل، بينما القذائف الكبيرة عندما تصطدم بالأرض بمثـل هـذه القوة، فإنها يتبخر أغلبها أو يتلاشى بفعل الانفجار الناجم عن الصدام. ولكى تبقـى العضويات موجودة فى مثل هذه الظروف سيمثل نوعًا من الحظ الطيـب. وكمـا سنرى فى الفصل التاسع فإنه مع الكتلة الصحيحة لتلك القذائف وزاويـة الـدخول، فإن عضويات الفضاء الخارجى يمكن أن تصل الأرض دون أضرار، ولكنه لـيس من الأمور الاعتيادية. وتبين بعض الأبحاث أنه يمكن لتلـك البـذور الغباريـة أن ترتحل منجزة طيرانها بأفضل من الصخور الكبيرة الحجم، وأن معظم عـضويات الأرض قد جاءت من السماء على هذا النحو الخاص تمامًا، مثـل هبـوط «المـن

(*) وهو كائن خرافى نصفه رجل ونصفه الآخر فرس (المترجم).

(**) هذه الكويكبات الصغيرة يعتقد أنها تكونت ووجدت فى مرحلة مبكرة من وجود النظام الشمسى. (المترجم).

والسلوى» من الجنة. والبعض الآخر من الأبحاث يرى أن الصدامات الموجية الصادرة عن المذنبات القادمة، ربما ولّدت جزيئات عضوية طازجة لتُغيّر من أبعاد التحطيم الصدامي.

وفى الحالة القصوى للأمر، فإن الجسم الكبير الذى سيضرب الأرض بمثل هذا العنف سوف يزيل أكثر المواد بدلاً من أن يحافظ عليها أو يخزنها. وهذا مجرد لطف فى التعبير عن ذلك الأمر البغيض، الذى هو الحتّ والتآكل الشديد الناجم عن التصادم. ويبدو أن التصادمات الأكبر فى عصر الوابل الثقيل من التصادمات كنست أمامها معظم الغلاف الجوى والمحيطات. وقد كان هذا الوابل من المذنبات أشبه بالسيف ذى الحدّين، عندما تأتى المسألة للمياه والعضويات. والسؤال عما إذا كان كوكب ما هو الفائز الكامل أو أنه كان خاسرًا، فإن الأمر يعتمد تمامًا على الظروف. وفيما يبدو أن الأجسام الصغيرة مثل المريخ وعطارد والقمر كانت من بين الخاسرات بسبب عوامل الحت التى سببتها الصدامات، بينما الأرض وكوكب الزهرة – بالمقارنة – قد حظيا بالمواد.

وقد بقى «السيف ذو الحدين» ليحفظ التوازن على كوكبنا، كما فعل سيف داموكليز **Damocles**، بينما ظلت المذنبات والكويكبات والنيازك أو الشهب كمصدر خطر وتهديد للأرض. ويكمن السبب فى ذلك فى التأثيرات وسيطرتها فيما وراء النظام الشمسى. وبالرغم من أن النجوم تبدو لنظر أى امرئ وكأنها مثبتة فى مواقعها بالسماء، ولكنها ومن بينها الشمس فى الحقيقة تدور فى مدار حول المجرة، وهى تتم دروتها هذه مرة واحدة كل ٢٥٠ مليون سنة أو نحو ذلك. وبسبب هذا الارتحال البطىء، فقد يحدث أن نجمًا آخر أو سحابة غازية ضخمة تقترب من النظام الشمسى. وعندما يحدث ذلك، فإن مجال الجاذبية يربك سحابة أورت حيث تقذف بعض المذنبات إلى خارج النظام الشمسى وبعض آخر ينحرف فى اتجاه الكوكب.

وعندما يتم اكتشاف مذنب جديد، فإن الفرصة تكون سانحة لاعتباره مجرد زائر لمرة وحيدة، ساقطًا علينا من الاقترابات الخارجية لسحابة أورت فى رحلة

مليونية السنوات. وفى بعض الأحيان حين ينفذ مذنب إلى داخل النظام الشمسى فإن مداره يتشوش بفعل كوكب المشترى أو أى كوكب آخر، لدرجة أنه يعيد الكرة إلى دورته من وقت لآخر. ومعظم هذه المذنبات معروف لنا، ومن أبرزهـا المـذنب هالى، وعندما يقترب من الشمس، فإن المواد القابلة للطيـران تبـدأ فـى التبخـر والتلاشى، بينما ينفث المذنب سحابة من الغاز والغبار تدفعها الرياح الشمسية إلـى الذيل المميز. والمصير النهائى لمثل هذه الأشياء، ينحصر فى إما الـسقوط داخـل الشمس، وإما ضرب كوكب أو ردها بعيدًا عن النظام الشمسى وليس من بديل لذلك سوى «موت» المذنب فى حالة، مثلاً، توهج واتقاد كل مواده القابلة للطيران، ومن ثم ينحل ويَتَفَسَّخ قبل وقوع أى من الأحداث المشار إليها.

هذا، وتشير الحسابات إلى أن الاضطرابات فى سحابة أورت يجب أن تحل محل كل مذنباته بعد عدة مئات من ملايين السنين. ومع استمرار ظهور المـذنبات على نحو منتظم فلا بد أن هناك عمليات إمداد بالطاقة تأخـذ مجراهـا. وبعـض الفلكيين يشكون فى وجود سحابة داخلية أو حزام للتغذية هما المسئولان عن ذلـك، وأنهما يمتدان من المنطقة فيما وراء الكوكب نبتـون ويتناقـصان تـدريجيًا، وأن حجمها الكلى قد يصل إلى ضعفى كتلة الأرض. وفى السنوات القليلة الماضية فقط تم اكتشاف بعض الأجسام الثلجية الكبيرة بالقرب أو فيما وراء حافة الجزء الكوكبى للنظام الشمسى وفى إطار حزام كويبر. ومن المحتمل أن المذنبات القصيرة زمنيًـا تتجذر هناك بأكثر من كونها فى سحابة أورت الأكثر بعدًا.

وحتى فى يومنا هذا يستطيع مذنب أو كويكب أن يضرب الأرض بقوة تكفى لمحو معظم ما هو حى. كما يبدو قريبًا من المظنون حاليًا أن تـصادمات ضـخمة كانت وراء بعض الأحداث الدرامية الكبرى عبر العصور الجيولوجيـة المختلفـة. ومن أكثر أحداث الانقراض شهرة، هى تلك التى وقعت منذ ٦٥ مليون سنة (وهى مدة قريبة نسبيًا بالمصطلحات الجيولوجية)، عندما ماتت الديناصـورات واختفـت فجأة هى وعدد كبير من الأنواع الحية الأخرى. والدليل على أن تـصادمًا كونيًـا

هائلاً هو الذى كان مسئولاً عن ذلك جاء من الطبقة الواسعة للعالمية من العنصر النادر المعروف باسم إيريديوم **Iridium**(*). الذى وجد فى ثنايا طبقة الطفل أو الصلصال فى ذلك الوقت. هذا العنصر جاءنا بالتأكيد من الجسم الصادم. هذا وقد جاءنا تأييد درامى لهذه النظرية فى العام ١٩٩٠ عند اكتشاف حفرة هائلة بحوافها الصحيحة، مدفونة تحت الأحجار الكَلسِيّة أو الجيرية فى المكسيك، والتى جاءت قياساتها نحو ١٨٠ كيلومترًا من الحافة إلى الحافة على الأقل والتى ربما تسبب فيها جسم صادم يقرب قطرة من ٢٠ كيلومترًا.

والتصادمات الكونية هى من قبيل الأمثلة التى يشير إليها البيولوجيون كأحداث عارضة أو محتملة. إنهم لا يقيمون وزنا للبيولوجيا الأرضية وإنما فقط يعتبرونها من الأحداث القادمة من القبة الزرقاء أو السماء دون أى رابط بينها وبين تطور الحياة على الأرض وإنها تجمع بين الإبداع والهدم أو بين الجيد والسيئ. وأصل الحياة على الأرض وربما فى بعض الكواكب الأخرى، ربما تعتمد جيدًا على ثراء موادها القابلة للتطاير، بينما كان موت الديناصورات تمهيدًا فقط لصعود الثدييات، ثم الإنسان فى النهاية. ويبدو أننا ندين بحياتنا ووجودنا لمصادفة مأساة فلكية، حتى لو كان مصيرنا متجهًا إلى مجرد بقايا كبقايا الديناصورات المشاهدة حاليًا.

تأثير «سيزيف» Sisyphus:

اكتشاف أن الأرض والقمر كانا دليلين على أن عقوبة كونية ما وقعت على شكل وابل من التصادمات حتى ما يقرب من ٣,٨ بليون سنة مضت، يحيلنا إلى متاهة كبرى. وإذا ما كانت أحفورة قابلة للتصديق بأن الحياة ازدهرت بالتأكيد منذ ٣,٥ بليون سنة مضت، وربما من الممكن أن تكون مبكرة عن ذلك إلى حد ٣,٨٥

(*) عنصر فلزى نفيس أشبه بالبلاتين (المترجم).

بليون سنة ماضية، وأن هناك نتائج رهيبة وكئيبة لتصادم كبير ومروع، فهل يمكن للحياة أن تحتمل الوجود عبر هذا الوابل من المقذوفات؟ للأسف فإن ما ظهر وانتشر من أدلة يمكنه من جعل هذه المعضلة تتسم بالإثارة. ولو أن الجيولوجيين اكتشفوا بللورات من الزيركون **Zircon**(*) (سليكات الزركونيوم) عمرها ٤,٤ بليون سنة، واستنتجوا من ذلك بأن نوعًا من القشرة الأرضية قد أثارها شيء ما في هذا الوقت، باعتبار أن أقدم الصخور التي بقيت بكرًا وغير مُضارة التي سبق أن عثروا عليها يرجع إلى ٤,٠٣ بليون سنة. والعمليات الجيولوجية قد اجتثت تقريبًا كل الأدلة على ما كان يشبه أن يكون عليه كوكبنا منذ ٣,٨ بليون سنة.

ولو أن الأرض قد قاومت، لتمنحنا أسرار شبابها، كأدلة مباشرة عن الأحوال التي سبقت الـ ٣,٨ بليون سنة مضت بحيث تكون كامنة تحت أنوفنا (أو حتى داخل أنوفنا ذاتها). فإن الدنا تشتمل على سجل لماضينا، لأن أجناسنا أو أعراقنا قد تمنطقت بالظروف البيئية التي أحاطت بها. ولو أن السجل العرقي مثله مثل السجل الجيولوجي قد انعزل وغمض بفعل ما أحدثه الزمن من إتلاف وتخريب، فهو بالفعل لم ينمح أو يتلاش تمامًا. وقد جاءت كجائزة لمعلوماتنا عن تشكلات الجينات، هي تلك المعلومات التي أمدنا بها علماء المايكروبيولوجي **microbiologist**، والذين استطاعوا أن يطلعونا على الكثير عن أسلافنا العالميين، الذين ربما عاشوا قبل ما يقرب من أربعة بلايين من السنين، ومن خلال معلوماتهم تلك، يتسنى لنا أن نُخمِّن الظروف التي سادت في ذلك الوقت. وبالفعل فإن الرسالة التي ظهرت لنا من ذلك كانت مفاجئة.

تخيل ماذا كان يشبه الأمر خلال عصر الوابل الكوني من الصدامات الكونية. فكل صدام كبير أنشأ جَيَشَانًا أو فورانًا عالميًا في قشرة سطح الكوكب،

(*) مادة الزركونيا هي عبارة عن ثاني أكسيد الزركونيوم الذي يضاف إلى مكونات الطوب الحراري لرفع درجة إنصهارة إلى حوالي ٢٧٠٠ درجة، كما يضاف إلى خليط المينا المزججة إكسابها خاصية الاعتام (المترجم).

ومدى التشويه الحادث كان أسوأ بشدة من الهبّة التى أفنت الديناصـــورات. وقبـــل ٣,٨ بليون سنة قام شيء قطره ٩٠ كيلومترًا بضرب القمر، منتجًا فيه مـــا يـــشبه الحوض الضخم والذى كان حجمه يقارب الجزيرة البريطانية كلها. كمـــا أن عـــدة تغيرات عنيفة مشابهة تركت علامات على آثارها التدميرية فى شكل حلقات مـــن الجبال. ولكونها بهذا الحجم الأكثر ضخامة فلا بد أن الأرض بدورها قد عانت من عشرات الاصطدامات المماثلة فى الحجم، وأيضًا من بعض ما هو أكبـــر. ومـــن الصعب العثور على أى من مسببات هذه الصدامات الضخمة. فهناك الكثيـــر مـــن هذه الأجسام الضخمة تقبع داخل النظام الشمسي. هناك كويكب شـــارون **Chiron** المكتشف مؤخرًا والذى يدور فى مدار غير مستقر بالقرب من زحل؛ ويبلـــغ ١٨٠ كيلومترًا طولاً من الجانب إلى جانبه الآخر، وتعتبر توابع ضربه للأرض مرعبـــة وعسيرة على التخيل. وهو بكل المعانى يعتبر أكبر الكواكب الصغيرة المعروفـــة. ومنذ ٤ بلايين سنة، كانت هذه الأشياء من الأمور العادية عما هـــو عليـــه الحـــال حاليًا.

هذا وقد تم تحليل تأثيرات الصدامات الـــضخمة بمعرفـــة نورمـــان ســـليب **Norman Sleep** وزملائه من جامعة ستانفورد[٦]. فوجد أن جسمًا صـــادمًا قطـــره ٥٠٠ كيلومتر، سوف يشق حفرة عرضها ١٥٠٠ كيلومترًا مـــن الحافـــة للحافـــة، وعلى الأقل سيصل عمقها إلى ٥٠ كيلومترًا، كما سيتبخر أو يتلاشى حجـــم هائـــل من الصخور فى شكل كرة نار عملاقة، سوف تنتشر بسرعة حول الكوكب لتحـــل محل الغلاف الجوى، منشئة «جهنم» عالمية. وحرارة السطح سوف ترتفع لأكثـــر من ٣٠٠٠ درجة مئوية، مؤدية إلى غليان كل محيطات الأرض لدرجـــة الجفـــاف وإلي إذابة الصخور لعمق كيلومتر تقريبًا، والكثافة الساحقة للـــصخور المتبخـــرة وتيار الحرارة المرتفعة، ربما يستغرق ثلاثة شهور حتى يبرد تـــدريجيًا وبـــبطء، وبالتالى تبدأ فى الإمطار بقطرات من الصخور المنصهرة. كما ستنقضى ألف سنة كاملة حتى تمتلئ المحيطات مرة ثانية، ويعود الكوكب إلى نوع من حالته المعتادة.

ولو أن القليل من مثل هذه الكوارث الثقيلة يكون قد حدث، إلا أنه لا بد وقد وقعت مئات من الوقائع المقارنة لما صنع سمات الملامح القمرية أو الهلالية مثل قارة مار **Mare cotinentale**، وأنها أيضًا أطلقت رذاذًا من الصخور المنصهرة في الفضاء، منشئةً غطاءً من الدخان الصخرى حول جو الأرض. ويمكن للحرارة المتوهجة تلك والهابطة من السماء، أن تكفى لأن تكون المياه بصقت ٤٠ مترًا من سطوح المحيطات فى حالة غليان، مثيرة نوعًا من انهمار المطر اللافح لعدة عقود.

ومن الواضح أن الاصطدامات الكبيرة سوف تنتج تأثيرًا شاملاً بجدب وعقم سطح الأرض. ونبضات الحرارة اللافحة من أبخرة الصخور سوف تدمر أى عضويات مكشوفة في وقت وجيز. وإذا انسحقت الأرض على هذا النحو كما يعتقد الفلكيون، وإذا كان السطح العضوى قد تشكل أو تأسس فعلاً منذ ٣,٨ بليون سنة، فلا بد أن الحياة ازدهرت بالكاد فور انقضاء آثار عقم الأرض، وجدبها الناجمين عن الاصطدام. وهذا يفضى بنا إما إلى أن الحياة قد جاءت من الفضاء، وإما أنها ظهرت بسرعة بمجرد أن كانت الظروف المحيطة فى منتصف طريقها للمعقولية. (وبالطبع فى ظروف عينة واحدة فإنه يصعب الثقة فى مثل هذه النتيجة). وفى كل من الأمرين، فإنه يكون مما له معنى أن ثمة إمكانية لأن تظهر الحياة أكثر من مرة واحدة. وعبر هذه الاصطدامات ربما تخلّلتها فترات من الهدوء أو الخمود أعلى منها فى المرتبة أو تفوقها أهمية، ولو بشكل نسبى أو له صلة بالأمر. وعلى أى حال، فإن الوابل الأخير ربما يكون قد ذبل بعد استنفاد قذائفه تدريجيًا، مخلفًا وراءه فجوات من دوام متفاوت بين فترات من الصدامات التى نجحت فى إجداب الأرض. وهذه الفجوات ربما أمدتنا بنوافذ من فرص لقيام الحياة.

ولقد فكر منذ سنوات قليلة كل من كيفن ماهر **Kevin Maher** ودافيد ستيفنسون **David Stevenson** من جامعة كالتيك **Caltech** فى أن يعيدا تعريف ما المقصود بأصل الحياة فى ضوء سيناريوهات الوابل الاصطدامى(٧). حيث عقلنوا المسألة من خلال القول بأن الحياة يمكن القول بأنها بدأت عندما سمح الوقت

بظهور إعادة النسخ الذاتى فى زمن أقل من مراحل جدب الأرض بسبب الصدام. فإذا ما قلنا مثلاً إن الأمر استغرق عشرة ملايين سنة لصنع الحياة من «الحساء» البدائى فإن الوابل لا بد لأن يحتاج ١٠ ملايين من السنين من نوافذ فرص بداية الحياة. وقد تساءل ماهر وستيفنسون حينئذ إلى أى مدى يمكن أن تذهب إلى الوراء فى عصر الوابل الصدامى ثم تظل متوقعًا لفجوات من هذا القبيل من الدوام. ثم أجابا بتقدير ٢٠٠ مليون سنة. وهكذا تكون الحياة قد نشأت فى أى وقت بعد اصطدام ما بملايين من السنين، مزدهرة فى الفترات الأكثر هدوءًا، ليتم ضربها مرة أخرى بجدب أرضى يحدثه اصطدام آخر. تمامًا كما حدث لـ سيزيف Sisyphus الذى لعنته الآلهة وحكمت عليه برفع حجر ثقيل إلى قمة الجبل ليسقط إلى السطح ويهبط ليرفعه من جديد لتعاد الكرة، وهكذا للأبد. فالحياة بدورها ناضلت المرة تلو المرة لتؤسس نفسها، وفقط، ليتكرر اندفاعها أو إطلاقها من الفضاء.

ومن الغريب أن الحياة لو كانت قد أعيد تشكلها أكثر من مرة، إذ سيكون من الضرورى أن الإنسان لم ينحدر من أول شىء حى. والأكثر من ذلك أننا سنكون من نتاج أى أشكال حية، والتى اتفق أنها ناضلت للبقاء عقب آخر تصادم كبير وفى حالة توقف هذه السلسلة من وابل الصدامات. وهو ما ينشئ نقطة مثيرة للغاية حول الصخور التى عمرها ٣,٨٥ بليون سنة فى «إيسوا» **Isua**. إن تصادمًا مسببًا للقحل والجدب ربما وقع بعد أن تكون الحياة قد نقلتهم، وإذا كان الأمر كذلك فإن العضويات التى خلفت آثارها الرقيقة فى هذه المنطقة الرقيقة، ربما لا تكون سلفًا للحياة التى نعرفها على الإطلاق. وربما تكون خاصة ببيولوجيًا بديلة مبكرة، وسبق أن أزالها أو محاها وابل كونى. وهكذا تكون صخور جرين لاند **Greenland**، مشتملة على دلائل هى بمعنى من المعانى تمثل تشكلاً غريبًا للحياة.

ومما نعرفه عن التاريخ المبكر للنظام الشمسى أن سطح الأرض هو مكان صدفوى للعضويات الحية لمدة لا تقل عن عدة مئات ملايين السنين. وحتى لو أن

قاع المحيطات قد استطاعت بقليل من الحماية أن تصمد للبراكين الناجمة عن الأجسام الصادمة الكبيرة. فإن نبضات الحرارة بسبب هذه الجوانح أو الزلازل لا بد أنها كانت مُهلكة ومميتة إلى حد أعماق، تصل إلى عشرات أو حتى مئات الأمتار داخل قشرة سطح الأرض ذاتها. أين إذن، يمكن للمرء أن يتوقع التشكلات الباكرة للحياة أن تجد موضعًا على الأرض – إن لم تكن جلة عدن الصعبة التصور؟ أين يوجد الملجأ الذى يمكن أن يحيط لأول وحدة بيئية بها كائنات حية تتفاعل مع ما يحيط بها من عناصر ومركبات غير حية، والتى يمكن أن تتحول إلى عدم على إجمالها من جراء الأبخرة الصخرية المتقدة؟ ولا بد أن الإجابة ستنحصر فى: فى مكان ما عميق. مكان ما تحت الأرض، ولكن ماذا على الأرض يمكن أن يحيا هناك؟

الهوامش

(١) عودة الطبيعة "De Return Natura" لـ: تيتوس لوكريتيوس كاروس (trans. Alban Dewes "Titus Lucretius Carus" Winspear, The Harbor Press, 1965, p. 89).

(٢) سبب هذه النتيجة بسيط. فكتلة مجموع الكربون الأرضي مقسومًا على كتلة الكربون في جسدك، ولو أنه رقم كبير، ومع ذلك فهو أقل كثيرًا من عدد ذرات الكربون في جسدك.

(٣) اكتشاف الغبار البين نجمي الداخل إلى مناخ الأرض " Discovery of Interstellar dust entering the Earth's atmosphere" لـ: أ.د. تايلور "A.D. Taylor" ودبليو.ج. باجالي "W.J. Baggaley" و د. آي ستيل "D.I. Steel"،

(Nature, 380, 323 (1996)).

(٤) اقتباس من الأصول الفلكية والبيوكيميائية والبحث عن الحياة في الكون. " Astronomical and Biochemical Origins and the Search for Life in the Universe" والذي أشرف على تحريره كل من: س.ب. كوزموفيكي "C.B. Cosmovici" و س. بوير "S. Boyer" و د. ورثايمر "D. Werthimer". (Editrice Compositori, Bologna 1997). ولمراجعة شاملة عن دور المذنبات انظر: المذنبات وأصل وتطور الحياة "Comets and the Origin and Evolution of Life" الذي نشره كل من بول توماس "Paul Thomas" وكريستوفر شيبا " Christopher Chyba" وكريستوفر ماك كاي "Christopher Mackay" (Springer- Verlag, New York 1997).

(٥) نظرية الأرض "Theory of the Earth" لـ: جيمس هتون "James Hutton"

(Royal Society of Edinburgh, Edinburgh, 1788, p. 304).

(٦) إفنـاء الـنظم البيئيـة بواسـطة اصـطدامات كويكـب كبيـر مـع الأرض فـى بواكيرهـا **Annihilation of ecosystems by large asteroid impacts on the early "Earth"** لـ: نورمـان سـليب **"Norman Sleep"** وكـيفن زانـل **"Kevin Zahnle"** وجيمس كاستنج **James Kasting** وهارولـد موروتيز **"Harold Morowite"**. **(Nature 342, 139 (1989))**.

(٧) فشل الأدلة على أصـل الحياة **"Impact Frustration of the Origin of Life"** لـ: كيفن ماهر **"Kevin Maher"** وداڤيد ستيفنسون **"David Stephenson"**. **(Nature 331, 612 (1988))**.

الفصل السابع

الحشرات العظمى

فى أواخر عشرينيات القرن الماضى نُكبت العاصمة المصرية «القاهرة» بسلسلة من الأحداث المزعجة، الممثلة فى انهيارات استنزافية. وكشفت التحقيقات التى أُجريت عن أن المواسير الأسمنتية قد تفسخت بعد مدة قصيرة تقدر بسنتين من بقائها تحت الأرض. وبدأ المهندسون المدنيون فى القيام بعدة اختبارات لتحديد سبب هذا التخريب. وسرعان ما سرى هذا التفسخ أو التفتت فى أماكن أخرى أيضًا. ففى كاليفورنيا وبالتحديد فى أورانج كنترى **Orange Country** فإن قناة التصريف البالغة ٢٦ ميلاً طولاً قد تآكلت بشدة، وتم علاجها بالكلور لإيقاف التعفن والتهرؤ اللذين أصاباها. ومثلها فى لوس أنجيلوس أصيبت القناة ذات الـ ٥٥ ميلاً طولاً ولم يمنع انهيارها الكامل سوى بمساعدة وسائل التهوية القسرية. وفى كيب تاون **Cape Town** بجنوب أفريقيا ارتبك المهندسون وأصابتهم الحيرة أثناء نضالهم فى مكافحة التآكل المتسارع فى المواسير النفقية الأسمنتية، والتى تآكل بعضها بمقدار ربع بوصة فى السنة. ومن الواضح إذن أن شيئًا غريبًا يحدث تحت الأرض.

وعندما بدأت ذات النوع من المواسير فى الانهيار فى المدن الكبيرة والصغيرة بأستراليا. فقد انعقد مجلس مدينة ملبورن، وتم إعداد مشروع بحثى تحت إشراف د.س.د. باركر **Dr. C.D. Parker**، والذى تلقى عينات من عدة مواسير مصابة عبر البلاد. وعند هذه المرحلة كان المهندسون متشككين فى أن المشكلة متعلقة على نحو ما بمادة كبريتيد الهيدروجين – حيث كانت الرائحة البغيضة المنبثقة تذكرهم برائحة البيض الفاسد – ولكن سرعة وحدة الإصابة بالتآكل كانت مصدرًا للحيرة.

ولم يستغرق الأمر طويلاً قبل أن يكتشف الدكتور باركر ما الذى كان يجرى[1]. لقد كانت النظريات السابقة تركز على نوع ما من التحولات الكيمائية فــى الأسـمنت، ولكن باركر تبين أن التآكل يرجع فى الحقيقة إلى نوع من الهجوم العضوى. وســرعان ما نجح فى عزل المتهم بهذا الهجوم. نوع من الباكتيريــا الــضئيلة البالغــة الــصغر والشبيهة بالعصى «عصوية الشكل» ولا يزيد طولها على ٢ ميكرروميتر.

وهذه العضويات متناهية الصغر كما أنها تعتبر شاذة حيــث تتغــذى علــى الأسمنت الصلد وتحوله إلى ما يشبه الفتات الصغيرة بعد مجرد أسابيع قليلة. وعلى غير ما تنحو إليه العضويات التى تنمو على غذاء من المــواد العــضوية، بــدت الميكروبات التى اكتشفها باركر متنامية ومزدهرة علــى نظــام غــذائى كبريتــى المحتوى، والتى تستخلصه من غاز كبريتيد الهيدروجين المنبعث من المــستنقعات والبالوعات والمجارى. وقد رغب باركر فى أن يضعها فى إطار علمى فاختار لها مسمى **Thiobacillus concertivorus** والذى يعنى «العصويات الكبريتيــة آكلــة الأسمنت».

هذا وقد كشفت الاختبارات المعملية أن هذا النوع ينتج حــامض الكبريــت، وأنها هى التى كانت وراء تحطيم أنفاق الصرف الأسمنتيه التحت أرضية. وبالطبع تتوقف هذه الباكتيريا عن النمو ما لم يتم غمرها بحامض الكبريتيك. والمــدهش أن هذا الحامض عندما يكون مركزًا فإنه يقتل أى كائنات أخرى، بل له القــوة علــى إذابة الحديد العارى من أى عازل. والذى حدث أن حشرات باركر هــذه والمحبــة للحامض كانت معروفة بالفعل علميًا، بل كانت قد اكتشفت منذ سنوات عديدة تحت مسمى «العصويات الكبريتية المتأكسدة كبريتيًــا» **Thiobacillus thio-oxidan's**. وكواحدة من العضويات متناهية الصغر المعروفة بحبها للحامض والتى على نحــو موضوعى تتطلب لكى تعيش وسطًا حمضيًا، والتى تكمن فى مواقــع نفايــات أو مخزونات خام الفحم والحديد، وبعضها يستطيع أن يتحمل سائلاً يحتوى على **PH**، منخفضًا لدرجة ٢، والذى قد يسبب لك ألمًا واضحًا، لو فكرت أن تغمس يدك فيه.

وليس في مستوى أقل: ذلك النوع الذي يعثر عليه في أماكن يفترض ألا حياة يمكن أن تقوم فيها، وهي الباكتيريا التي تتخذ شكلاً هلاليًا **halobacterium halobim**، وبالذات في البحر الميت **Dead Sea** والذي يمثل بحيرة محاطة بالأرض وتبلغ ملوحة مياهه؟؟؟ إنك عند الاستحمام فيه يسهل جدًا أن تجلس فيها عموديًا أو منتصبًا بشكل مستقيم (وقد جربت ذلك شخصيًا في إحدى المرات)، والمعروف أن زيادة ملوحته ترجع لاحتباسه أرضيًا. والمياه تأتيه من نهر الأردن **River Jordan**، ومن ثم تتبخر مخلفة الملح وراءها، والمساحة حول البحر الميت ذاك جافة وقاحلة ومجدبة، وكثير منها يشبه سطح القمر. وبالرغم من اسمه المانع والموحي فهو ليس مواتًا بالكامل، ويشهد على ذلك اكتشاف تلك الباكتيريا هلالية الشكل. وهو أيضًا ليس فريدًا في نوعه فيما يتعلق بإمداده لحياة سكان من نوع الحشرات الملحية والتي تعرف جميعًا كمحبي للشكل الهلالي **halophiles**. فثمة البحيرة الملحية الكبرى **the great salt lake** في أوتاوه **Atah**، وكذا بحيرة ماجادي **Magadi** في كينيا **Kenya**، يفيضان بدورهما بسكانهما الميكروبية الطابع الخاصين بهما. وهذه الميكروبات الهلالية القابلة للحياة اُكتشفت أيضًا في المناجم الملحية ومدفونة في البللورات القديمة.

كما أن ثمة ميكروبات تعرف بأنها يمكن أن تحيا في ظروف أكثر تطرفًا أيضًا، مثل الثلجيات الكثيفة. وعلى سبيل المثال فقد وجدت مزدهرة ونامية في المياه المحبوسة تحت مجلدات الثلج بقارة أنتاركتيكا **Antarctica**(*). وبعضها يستطيع تحمل برودة حرارة النيتروجين السائل، وحتى ما هو أبرد منه. كما أن بعضًا آخر من هذه العضويات متناهية الصغر يمكنها أن تعيش بسعادة في محلول ذي طابع قلوي، وعلى سبيل المثال فإن الميكروبات الريشية الشكل **Plectonema** يمكنها أن تنمو في محلول قلوي لدرجة أنه يضر الجلد البشري بشكل جدي. وهناك حتى

(*) وهي قارة غير مأهولة تقع حول القطب الجنوبي. (المترجم).

ميكروبات مثل الحلقيات النزاعة إلى الإشعاع والمتناهية الصغر أيضًا Micrococcus radiophilus، والتي تتعايش مع (وفي) جو إشعاعي والذي يمكنه أن يكون مهلكًا لأي كائنات عضوية أخرى، بالطبع، حيث عثر على ميكروبات على مستوى عالٍ من الصحة تسكن مستودعات الأجسام الإشعاعية وقادرة على هضم اليورانيوم والبلاتينيوم وأجسام أو عناصر مشعة غيرها. ولا أي شيء يمكنه أن يضغط عليها أو يعوق نموها وازدهارها. فثمة ميكروبات عادية مثل E.Coli يمكن أن تحيا في عدة أجواء تقدر بعدة مئات من الأجواء المتباينة دون أن يصيبها أي ضرر. وعلى الناحية الأخرى من التطرف، فإن عينات قابلة للحياة قد تم استرجاعها من فوق سطح القمر والتي تحمل اسم streptococcus mitis لها شكل متلوٍ وتحملت الوجود في فراغ كامل لمدة عامين وهي ملتصقة بمرآب كاميرا في سفينة الفضاء «سيرفيور ٣» Surveyor III.

وهذه المصطلحات المثيرة والمستعيدة للذكريات مثل «الحشرات الفائقة» Super bugs، والميالة للتطرف extremophile كانت قد تم صكها للدلالة على هذه العضويّات الصعبة والبالغة الصغر[٢]. وسابقًا كانت هذه الحشرات الفائقة تمثل مجرد الفضول العلمي، وتم تدارسها أساسًا من أجل الاستغلال التجاري. أما مؤخرًا وبعد أن توسعت معارف علماء العضويات متناهية الصغر microbidogists في هذا الشأن، فقد أخذت هذه النوعية من الحشرات مكانة بارزة ذات مغزى. إذ يبدو البعض منها بالغ القدم والبدائية، وثمة إحساس متنامٍ بين العلماء إزاء ذلك بأنها نوع من الحفريات الحية، أو بأنها أقرب الأشياء الحية من أسلافنا الكونيين. وإذا ما كان الأمر كذلك، فإن الظروف الصارمة والقاسية التي تنمو فيها وتزدهر، مهما كانت شديدة التطرف بالنسبة لنا، فإنها ربما تكون إشارة أو دلالة على ما كانت عليه الأرض منذ ٣,٨ بليون سنة مضت.

البعض يفضلونها ساخنة:

«الحياة العضوية تحت الأمواج التي لا شاطئ لها تولدت واحتضنتها الكهوف اللؤلؤية للمحيط».

إريسمس داروين "Erasmus Darwin"[٣].

كانت الحرارة في الصيف الأخير بأديليد **Adelaide**، حيث أعيش تصل أحيانًا إلى ٤٣ ° درجة مئوية بما يجعل كثيرًا من الناس يمكثون في دورهم، والاحتفاظ بشيء من البرودة في الخارج يعتبر مشكلة رئيسية، لدرجة أن قطتنا المنزلية اعتادت أن تلهث كما يلهث الكلب من شدة الحرارة. إلا أن بعض الحيوانات الصحراوية تستطيع تحمل درجات حرارة أكثر من تلك، ويبدو أن الحد بالنسبة لها حول درجة ٥٠ مئوية. وما يزيد على ذلك من حرارة يجعل النباتات والحيوانات معًا، وكأنها في قدر يغلي فوق موقد للطبخ. وحيث يؤدي ذلك بالبروتينات لأن تصبح غير قادرة على تأدية وظائفها بشكل صحيح – والمثال الكلاسيكي هو تحول البيضة للون الأبيض وكيف تصبح صلبة القوام بعد غمرها بالماء الساخن المتوسط الحرارة. فإذا ما شيء مثل هذا بدأ في الحدوث لحيوان حي، فإنه سرعان ما سيموت.

ومنذ عدة عقود اندهش العلماء لاكتشافهم وجود باكتيريا تعيش بارتياح في درجات حرارة تبلغ ٧٠ درجة مئوية، عثر عليها في خليط من الأكوام أو في السَيلُونَات (الخَزّانات) العملاقة أو حتى مياه الخدمة المنزلية الساخنة. ولأسباب واضحة أطلق عليها اسما لأول مرة هو "**thermophiles**"(*) أي مُحِبَة الحرارة. وقد كشفت الأبحاث عن أنها تستخدم بروتينات خاصة توازنية ومغطاة بغشاء خاص

(*) تمامًا كما في كلمة فلسفة بالإنجليزية philosophy فهي من جزءين الأول منها يعني "محب" philo والجزء الباقي يعني "الحكمة" (المترجم).

مصنوع من نوع شمعي مقاوم للحرارة بأكثر من السمْنَة العادية. ولقد اعتبرت الـ ٧٠° مئوية هي الحد الأعلى الذى يمكن أن تعيش فيه تلك الكائنات، وإلا بدأت الدنا الخاصة بها في الذوبان. ثم تزايدت الدهشة عندما عثر توماس بروك **Thomas Brock** من جامعة إنديانا **Indiana** عام ١٩٦٩ على بعض منها سميت حشرات المياه الحارة **Thermus aquaticus**، وكانت تعيش فى الينبوع الساخن بالحديقة الوطنية المسماة "**Yellowstone National Park**" وفى درجة حرارة تبلغ ٨٠° مئوية.

ومن الظاهر أن تلك كانت مجرد البداية، ذلك أنه فى أواخر سبعينيات القرن الماضى استطاعت المركبة المسماة ألفن **Alvin**، والقابلة للغطس أسفل سطح الماء، والتابعة لمعهد تصوير المحيط. "**Woods Hole Oceangraphic Institute**" أن تصل إلى عمق ٢,٥ كيلومتر تحت سطح الماء، وترصد ما كان مثيرًا للجيولوجيين كمثال أولى لبراكين تحت المياه وفوهاتها المعروفة باسم «المداخن السوداء» "**black smokers**" وهو الاسم الذى جاء من الصخور المعدنية التى تغطى هذه الفوهات البركانية والشبيهة بالمداخن والتى تنبعث منها سوائل ضبابية اللون(*) فى شكل كتلة أو موجة عظيمة تنتشر فى الأنحاء المحيطة بتلك الفتحات البركانية فى المحيط. وبالقرب من هذه المداخن السوداء يمكن لدرجة حرارة المياه هناك، أن تتجاوز 350° درجة مئوية أى ما يزيد على درجة الغليان العادية، وهذا ممكن بسبب ضغط الأعماق الهائل.

ولدهشة العلماء بمركبة ألفن، فقد وجدوا أن المنطقة حول شقوق أو صدوع تلك الفوهات داخل الأمواج الضخمة المتدحرجة والمتلاطمة فى أعماق المحيط تعج بالحياة. إذ تسكن هناك فى أحرج أعماق البحر سرطانات بحر ونباتات متأقلمة وديدان أنبوبية عملاقة. وكانت ثمة باكتيريا

(*) هو لون الجو اللاحق لوقت الفجر مباشرة (الضحى) وهو ضبابى أميل للسواد (المترجم).

من النوع «المحب للحرارة» المألوف، تعيش على الحدود الخارجية المحيطة بالمداخن السوداء. والذى كان ملحوظًا أكثر من أى شىء آخر، أن ثمة ميكروبات غير معروفة، من الآن فصاعدًا، تعيش بالقرب الشديد من المياه المتدفقة السافعة أو اللافحة التى تصل درجات حرارتها إلى ١١٠ °. وقليل من العلماء الذين سبق لهم التصور الجاد بأن أى شكل من الحياة يمكنه أن يناضل أو يقاوم مثل هذه الدرجة من الحرارة.

والعضويات التى يمكنها أن تنمو أسرع تحت درجة حرارة ٨٠ ° مئوية كانت قد سميت «محبة التطرف الحرارى» **hyper-thermophiles** وذلك من قبل كارل ستيتر **Karl Stetter**، الذى استطاع أن يعزل ويصف كثيرًا من النماذج الباكرة منها. وبُعيد اكتشافها صار واضحًا أنها ليست الاستثناء الوحيد. وللتأريخ فثمة ٢٠ عرقًا أو صنفًا تم وصفها. والمعنى وراء ذلك أن الكثير منها من نوع «الأرشيا» **archaea**. ودرجة الحرارة المسجلة رسميًا كانت لكائن عضوى يسمى «المهتاج حراريًا **pyrnlobus fummarii**» والمكتشف بمعرفة ستيتر وزملائه، والذى تشهد تقارير ملاحظته أنه ينمو فى درجة حرارة ١١٣ ° مئوية. ومع ذلك ادعى[٤] جون باركر **John Parker** من جامعة بريستول **Bristol** شيئًا مدهشًا على نحو ما، بأن لديه أدلة عن استطاعة ميكروبات معينة أن تحيا فى أعماق البحر تحت درجة حرارة ترتفع إلى ١٦٩ ° مئوية.

والسؤال الرئيسى بشأن الكائنات العضوية فى الأعماق البحرية هو: كيف تعيش فى هذه الأجواء؟ وقد اعتقد البيولوجيون طويلاً بأن كل الحياة فوق سطح الأرض تعتمد فى جملتها على الطاقة المستمدة من الشمس: فالنباتات لا يمكنها أن تنمو من دون الضوء والحيوانات لا بد أن تأكل النباتات (أو بعضها البعض). ومع أنه عند هذا البعد فى عمق البحر يعد مظلمًا شديد السواد[٥] ولا يستطيع ضوء الشمس اختراقه. فهذه لا تمثل مشكلة لسرطانات البحر والديدان لأنها تكنس أو تكسح أمامها الكائنات

الأصغر حجمًا فى قاع البحر. لكن شيئًا لا بد أن يكمن أو يقبع عند قاعدة السلسلة الغذائية. حيث تتصرف الميكروبات كمنتجة أولية تحصل على الطاقة الحيوية التى تحتاج إليها من حرارة «الحساء» الكيميائى، الذى تلفظه براكين الأعماق البحرية.

والعضويات الحية التى لا تتغذى بالمواد العضوية ولكن تصنع كل حياتها أو بيولوجيتها مباشرة معروفة باسم «ذوات التغذية الذاتية» **autotrophs**. وتعتبر النباتات أمثلة نموذجية على ذلك، حيث تستخدم الطاقة الضوئية الشمسية لتحويل عناصر غير عضوية، مثل ثانى أكسيد الكربون والمياه إلى مواد عضوية. وذوات التغذية الذاتية التى تستخدم الطاقة الكيميائية دونا عن الطاقة الضوئية تمت تسميتها «ذوات التغذية الذاتية الكيماوية» **"chemoautotrophs"** أو **"chemotrophs"** على سبيل الاختصار. واكتشافها فعليًا كان بمثابة حدث مهم ومحورى فى تاريخ البيولوجيا. حيث تكمن هنا قاعدة للاستقلالية الكاملة فى سلسلة الحياة. فهى إذن تراتبية أو هيراركية للعضويات الحية يمكنها أن توجد بالتوازى مع عضويات سطح الأرض دون أن يكون مصدرها الأساسى للطاقة هو ضوء الشمس[٦]. ولأول مرة أصبح من الممكن فهم التفاعل البيئى **ecosystems** بعيدًا عن تعقيدات التمثيل الضوئى **photosynthesis**. وبدأ العلماء يلمحون مجالاً بيولوجيًا واسعًا وعريضًا، والذى ظل مخفيًا لبلايين السنين.

الحياة تحت العالم المرئى:

> **«الحياة الميكروبية يمكنها أن توجد فى المواقع التى تستطيع فيها الميكروبات البقاء».**
>
> **توماس جولد [٧] Thomas Gold.**

فى كتابه المعنون «رحلة إلى مركز الأرض» **Journey to the center of the Earth** روى كاتب الخيال العلمى ذائع الصيت «جول فيرن» **Jules Verne**

قصة بعثة اتجهت لباطن الأرض وكيف اكتشف هؤلاء البحاثون المتسمون بالجرأة والإقدام حياة جديدة كاملة تحت الأرض، محتوية على أشكال غريبة دخيلة لسكان ما تحت الأرض، تحيا فى كهوف. ومن المؤسف أن قصة فيرن تلك قد اصطدمت بالأدلة الجيولوجية فى أيامنا الحالية. حيث يعرف رجال المناجم جيدًا أن الأعماق تعنى الحرارة. فالحرارة يمكنها أن ترتفع ٢٠° مئوية مع كل كيلومتر تذهب فيه لأسفل. وهذا يعنى أن الحياة تكون غير محتملة لمعظم الكائنات الحية فى عمق عدة كيلومترات تحت سطح الأرض. وتستمر درجة الحرارة فى الارتفاع عند قشرة الأرض أو الغلاف الخارجى لها وذلك عبر الغلاف المنصهر المبطن لهما وعند القلب أيضًا، والذى تصل فيه الحرارة إلى ٣٠٠٠ درجة مئوية، ومن ثم فإن أى رحلة إلى مركز الأرض تعنى تحويل القائمين بها إلى رماد. ومن ثم فإن حلم فيرن بأن الحياة يمكن أن توجد تحت سطح الأرض، يبدو من الأحلام المثيرة للسخرية. ولقد كان الجيولوجيون ولفترة طويلة، متنبهين إلى أن سطح التربة يحتوى على الباكتيريا وأن كهوف الحجر الجيرى يمكن أن تكون مسكونة بعضويات خاصة متكيفة مع هذه الظروف، وفيما عدا هذه الاستثناءات فقد كان من المعلن والمعروف أن الأرض ميتة فى أعماقها(٨).

كثيرًا ما كان مثل هذا الرأى سائدًا فيما يتعلق بأعماق المحيطات أيضًا. ولقد كان الظن بألاّ شيئًا يمكن أن يقاوم للبقاء، بعيدًا عن أقصى ما يصل إليه الضوء – ذلك أن السطوح الخارجية للمحيطات تظل مضاءة بنور الشمس. إلا أن اكتشاف المداخن السوداء والنظم الناجمة والمتفاعلة مع البيئة هناك تسبب فى تغيير كل تلك الآراء. فما دامت الحشرات العظمى يمكنها أن تعيش فى مواضع تبعد عدة كيلومترات تحت سطح البحر، فإنها أيضًا يمكن أن تحيا بنفس القدر بعمق عدة كيلومترات من سطح الأرض وكيف لا؟

ويبدو أن أول من جعل الصورة يمكن تعميمها فيما يتصل بتحت الأرض هو العالم الجيولوجى إدسون باستن **Edson Bastin** من شيكاغو، معتقدًا أن الحياة تزدهر تحت سطح الأرض، وبدأ بالتعجب من أن المياه المستخرجة من حقول

الزيت تكون محملة بكبريتيد الهيدروجين، ومن ثم اقترح أن هذا الغاز ربما أنتجته باكتيريا تقوم بكبرتته، وتعيش عميقًا فى مخازن الزيت تحت الأرض. ومع ذلك فقد كان بحاجة لأدلة تساند ادعاءه ذاك، وبالفعل وجد باستن بعضًا مما يدعمه.

وبالإشارة للأنشطة الجيولوجية فى أعماق الأرض فقد كانت تتركز هناك فيما لو أن الجيولوجيين يعرفون بالضبط ما الذى يبحثون عنه. ففى ستينيات القرن الماضى تم اكتشاف مخزونات أو ترسبات معدنية تحت سطح الأرض وبدا كما أن بعض الباكتيريا هى التى قد رسبتها أو قذفت بها إلى مواقعها تلك. إنها ترسبات للحديد، والكبريت، والمنجنيز، والزنك وعناصر أخرى من المعروف أن الباكتيريا تستخدمها، وكانت مركزة بطريقة تدعو للريبة. وبعد قليل اكتشف للويد هاميلتون **Lloyd Hamilton**، الطالب الجامعى بجامعة لندن، شكلاً لأحفورة ميكروبية لا تخطئها العين، كانت كامنة فى عروق حجر نفيس يسمى «جاسبر» **Jasper**[*]. مستنتجًا من ذلك أنها بالتالى عبارة عن بقايا نوع من الميكروبات، جعلت لها مسكنًا فى مسام الصخور[٩].

وبالرغم من تراكم الأدلة على الحياة تحت الأرض، فقد ظل الرأى السائد أن تحت سطح الأرض مجدب وعقيم، ولم يتغير بالفعل إلا فى أخريات السبعينيات من القرن العشرين، عندما عمدت الحكومات إلى تمويل أبحاث عن مشكلة التخلص من النفايات أو المخلفات النووية، إذ كانت هذه المواد النشطة إشعاعيًا تدفن فى عمق الطبقات الأرضية، بافتراض أن لا شيئًا كثيرًا قد يحدث لها هناك. ومع ذلك فإن دراسات المياه الجوفية أشارت إلى أن الباكتيريا قد تسكن عند المخزونات التحت أرضية، كما أن عينات الصخور الناجمة عن الدراسات الحفرية كشفت بدورها عن عمليات باكتيرية. وبالتدريج البطىء، انكشف للعلماء أن الباكتيريا لو استطاعت غزو الطبقات الصخرية المائية فى الأعماق، فإنها قد يمكنها أن تصل إلى مقالب

(*) وهو حجر كريم يميل لونه للاخضرار الضارب إلى السواد (المترجم).

النفايات النووية وتفسد مكونات أوانى حفظ تلك النفايات المانعة على نحو ما من آثارها الضارة، بل تسمح بتحريرها من تلك الأوانى فى نهاية الأمر. كما بدأت فى الظهور على سطح صناعة النفط، مشاعر قلقة مشابهة، باعتبار أن الباكتيريا يمكنها أن تخترق خزانات البترول وتفسده أو تتسبب فى حموضته. وحتى فى أواخر ثمانينيات القرن الماضى، عندما أعلن الفلكي الفيزيائى من جامعة كورنيل **Cornell** تومى جولد **Tommy Gold**[10] أنه عثر على أدلة تفيد أن ثمة نشاطًا عضويًا فى الجرانيت السويدى **Swidish** الذى يوجد عند ما يقرب من سبعة كيلومترات عمقًا، قوبلت دعواه بالتهكم والسخرية.

ومن ثم كانت المسألة تحتاج لأدلة على وجود عضويات حية بالفعل لإقناع المتشككين فى الأمر. والذى حدث أن إدارة الطاقة الأمريكية **the US Department of Energy**، بعثت مجموعة بحثية لإقامة مشروع للحفر فى منطقة نهر السافانا **Savannah River** فى جنوب كارولينا وبدأ الباحثون يعثرون على باكتيريا تستطيع الحياة فى الصخور الناجمة عن الحفر إلى عمق نصف كيلومتر تحت الأرض، بحيث أصبح الأمر واضحًا للعيان[11]. وقد وجه المهندسون فى المشروع عناية فائقة ومدققة لتجنب تلوث العينات بعضويات سطح الأرض، وعندئذ تضاءلت الشكوك حول أن ثمة ميكروبات تسكن بالفعل فى تلك الأعماق. وبعد قليل استطاعت مجموعة كارل ستيتر أن تزرع عضويات مفرطة التحمل للحرارة، مستخلصة من حفر الزيت العمودية وفى عمق بلغ أربعة كيلو مترات.

تلك العينات المعثور عليها والملحوظة تمامًا، قد تأكدت من خلال مشروعات حفريات أخرى فى مختلف مناطق العالم. فعلى عمق ثلاثة كيلومترات من الحفر عموديًا فى الصخور المائية داخل رسوبات ترياسى **tiriassic sediment** بمدينة تايلور **Taylorville** بولاية فرجينيا، تم الكشف على عضويات عصوية الشكل من النوع المفرط فى تحمله للحرارة، متضمنة ذلك النوع المتخيل والمسمى «العصوى الشكل **bacillus infernos**، والذى يتحمل الحرارة الفائقة». أما

ميكروبات المياه الضحلة القليلة العمق تميل لأن تتواجد بـشكل وسـطي أو بينـي mesophiles أي أنها تنمو في درجات الحرارة العالية ولكن ليست الفائقة الحـرارة التي قد تسفعها وتشويها. فقط على مبعدة تزيد على كيلومترين تحت سطح الأرض فإن العضويات الميالة أو المحبة للحرارة thermophiles هي التي تـسود. وقـدر علماء المشروع أن موقع تايلورفيل ذاك يعج بميكروبات عاشت على الأقـل مـن ١٤٠ مليون سنة[١١].[*]. وهناك بعض المواقع مثـل المـنجم «المقلّـم» المـسمى هاردروك ستريا hard-rok Stripa في السويد، يعتبر محتلا بحفنة من الأنـواع، بينما تعج الرسوبيات الشاطئية بميناء جنوب كارولينا بمئات من الأنواع المختلفـة، وعلى الجملة فإن الحاصل النهائي للميكروبات القاطنة بباطن الأرض، عـادة مـا يصل تنوعها إلى آلاف الأنواع. كما وصلت عينات قلب الأرض إلى أنها حَمَلـت حوالي المليون من الباكتيريا في الجرام الواحد. ولعله إذن الوقت الذي ننظر فيـه إلى الصخور تحت أقدامنا، كما لو أنها محتشدة بأشكال ضئيلة أو نحيلة من الحياة.

وهكذا بعد أن غُمرنا بالمعلومات عن وجود تلك الحشرات العظمى التحـت أرضية، بدأ العلماء يتدافعون لإعادة تحرير الكتب المدرسية. وكل أنواع الغرائبيات الجيولوجية، أصبحت وراءها أنشطة لتلك الميكروبات غير العادية. وعلـى سـبيل المثال فإن الباكتيريا التي تفرز أحماضًا acid-secreting bacteria يمكنها أن تحفر الصخور الصلبة مثل الكوارتز بحفر مَساميّة خفيّة تقوم بدور الحت والتآكل فيهـا. وربما يحدث مثل هذا في أعماق الأرض أيضًا؟ هذا ولأن شبكة العمليـات التـي يستغرقها استخراج الزيت من الصخور الرسوبية تصل إلى مدى بعيد، ربما ترجع في أصولها لتلك العضويات الصغيرة المشغولة دومًا بالحفر. وإذا ما كـان الأمـر كذلك، فإن هذا يفتح الباب للربحية القائمة على حث استخدام الحشرات العظمى في تسريع عملية استخراج الزيت[١٢].

(*) هذا الرقم مكرر في الكتاب الأصلي وبمراجعته مع ملحق التذييلات في الكتاب تبين أنه موضوع للكتاب المشار إليه بالتذييل، والذي يبحث في أصول الباكتيريا (المترجم).

ويستهدف متتبعو الباكتيريا إلى مَرْمَى آخر يبحثون فيه عنهـا وذلـك فـي تحركات المياه الجوفية. فقد استطاع فرانسيس شـابل **Francis Chapelle** مـن الإدارة الأمـريكية للبحـث الجـيولوجي **US Geological Survey** في كولومبيـا بكارولينا الشمالية أن يدرس الطبقات الصخرية المغمورة بالمياه العميقة، ووجد أن الباكتيريا المسببة لتحلل الحديد **Iron-dissolving** يمكنها أن تنشئ حفـرًا مـسامية وتدفع أو تنشر تدفقًا للمياه، بينما الباكتيريا المنتجة للكبريت **sulphide-producing** تؤدي إلى ترسيب الحديد مرة أخرى، مُغلقة بذلك تلك الحفر المسامية، وشبّه بـذلك تلك الميكروبات بالحروف الصغيرة، التي تقـوم بـدور حفظـة المغـاليق **lock-keepers**، بحيث تسمح بالتدفق أو تمنعه وفقًا لمتطلباتها[١٣].

وبدأت صورة مشابهة أخرى في الظهور في الاستقصاءات البحريـة. فـلا تعيش هذه الميكروبات فوق أو بالقرب من قاع البحر فحسب، ولكنها تسكن أيـضًا في طبقات الصخور الرسوبية تحت قاعدة أو قاع المحيط، حيث كـشف البرنـامج الوطني لحفر المحيط **ocean drilling program** عن علاقات للحياة فيما يزيد على بعد كيلومتر في القاع. والعينات من عشرة مواقع في المحيط الأطلنطـي والبحـر الأبيض المتوسط والمحيط الباسيفيكي، تمت دراستها بمعرفة جون باركر وزملائه في بريستون[١٤] ، ومرة أخرى اتخذت الاحتياطات الدقيقة لتجنـب التلـوث عنـد السطوح. كما وضعت عينات منطقة القلـب فـي أوانٍ معقمـة ومحدبـة وتعـج بالنيتروجين، وتم استخدام منشار للمعادن في إزالة المنطقة الوسط منها. وقد اتّقدت النهايات المقطوعة إلا أنه تم إحكام الغطاء عليها. كما تم بالفعل تعقيم كـل شـيء تقريبًا في الموقع تعقيمًا جيدًا. كما خُزّنت مناطق القلب تلـك فـي بيئـة مفعمـة بالأكسجين في درجة حرارة ٤ ° مئوية حتى يتم تحليلها في المعمل بعد عدة أسابيع. وقاموا بتقطيع العينات، حتى تصبح بادية للعيان.

وجاءت النتائج مثيرة للغاية. حيث وجد القائمون بالبحـث فـي بريـستول ميكروبات في كل العينات التي درسوها، حتى عمق ٧٥٠ متـرًا. حيـث كانـت

الميكروبات المنعزلة في قاع للبحر أكثر إثمارًا من تلك الموجودة تحت البر (الأرض) وكان باركر مستعدًا مباشرة لحساب القدرة المدهشة لهذه الميكروبات المدفونة على الإخصاب، وذلك بواسطة المجهر حيث وجد تجمعاتها تقدر بما يزيد على بليون ميكروب في السنتميتر المكعب بالقرب من سطوحها وتقترب من عشرة ملايين في عمقها. ومن العجيب أن هناك بعض الأدلة على أن هذه الأعداد تبدأ في التزايد مرة أخرى عند أعماق معينة ومن دون نهاية على الأقل في الموقع نفسه. والأكثر أهمية، فإن ما يقرب من ٥٪ التي تعرضت لعملية القطع، ثبت أنها استعادت الحياة وأنها تقاوم بعد أن تم اقتلاعها من الأعماق. بالطبع لقد بقي بعضها قابلاً للحياة. وكان باركر قادرًا على إعادة زرعها في المعمل باستخدام آنية طبخ بالضغط، معدلة خصيصًا لهذا الغرض.

ومما يتضح من الكشوف الأخيرة أن الحياة تحت الأرض مضلِّلة، مهما بلغ المدى الذي توصلت إليه الكشوف. إذ لا بد أن هناك تحت الأرض عددًا كبيرًا من أنواع الحيوات. لأنه إذا كانت الميكروبات قادرة على التكاثر في مدى نصف كيلومتر أو أكثر تحت الأرض، كما تقترح الأبحاث، فلا بد أن إجمالي عددها يبلغ ١٠/١ إجمالي الحياة على الأرض. وحتى هذا قد يكون تقديرًا غير صحيح، لأن بعض أنواع الميكروبات يعيش سعيدًا في أعماق تزيد على ذلك كثيرًا. وإذا كان أقصى ما تستطيع تحمله هو ١١٥ درجة مئوية، فإن عالم الميكروبات يمكن أن يمتد إلى عمق أربعة كيلومترات تحت الأرض وسبعة كيلومترات تحت أعماق المحيطات. وإذا أمكن تصديق باركر، فإن درجات الحرارة قد تصل إلى ١٧٠ درجة وإن المنطقة السعيدة تلك، يمكن أن تمتد إلى أعماق أكثر.

والسؤال الواضح الذي يمكن أن نطرحه هو، كيف لمثل هذه العضويات الحيّة أن تتواجد في مثل هذه المواقع العميقة في المقام الأول؟ هل اخترقت الصخور من أعلاها وإنسلّت إلى أسفل حتى قاع المحيط؟ أو أنها اُحتبست في طبقات الصخور الرسوبية عند بداية تشكلها؟ ويبدو أن كلا الطريقين قد تمت

متابعتهما إلى حد ما. وعلى كلٍ، فإن هذه التفسيرات استمرت من منطلق افتــراض أن الحياة فوق الأرض هي من الأمور العادية، أما الحياة تحت الأرض فهي تمثــل نوعًا شاذًا من التأقلم. هل يمكننا أن نكون متأكدين من ذلك؟ هل يمكن لهذا التسبيب أن يكون مقلوبًا على رأسه وأن الحقيقة تكمن في العكس تمامًا؟

الصعود من «هاديس» Hades[*]:

منذ أن برز التسبيب التأملي الدارويني بأن الحياة بدأت في بعــض البــرك الصغيرة الدافئة، فإن الحكمة المألوفة أو التقليدية تقتضي أن تكون الحيــاة ظــاهرة فوقانية أي فوق سطح الأرض، إلا أن اكتشاف المجال الحار تحت السطح قد غيــر هذه النظرة بشكل دراماتيكي. إذ لو أن الحياة يمكنها الازدهار عند هذا العمق تحت سطح الأرض، فربما يكون واجبًا علينا أن ننظر إلى الأسفل في ما يشبه الاختبــار القاسي، حيث تمت صياغة الحياة في البدء.

وثمة عدة أسباب تدفعنا لأن يبدو موقع ما في قاع البحر أو فــي الــصخور الرسوبية تحت هذه القاع، إنه هو بذاته هو أفضل المواقع الطبيعية لأصل وتطــور الحياة. ومن أكثر هذه الأسباب وضوحًا هو التصادمات الكونية وما تمثله من تهديد والتي أشرت إليها في الفصل السابق. باعتبار أن العنف المتكرر لوابل التصادمات الكونية ومقذوفاتها سوف يؤدي، وبشكل فعال، إلى عقم وجدب سطح الأرض وأن تتسبب الصخور المتبخرة في غليان المحيطات والأرض المنصهرة كذلك، كل ذلك سيكون مهلكًا لأي حياة على مدى عشرات الأمتار في عمق المياه علــى الأقــل. ولكن في الأعماق الحقة تستطيع الحياة الميكروبية أن تتحمل أو تقاوم الصدام مهما كان كبيرًا وبعيدًا بدرجة كافية عن نقطة الصفر في الأرض. وثمة مخــاطرة مــن نوع آخر لساكني السطح قديمًا وهي الإشعاعات فوق البنفسجية. حيــث إن ضــوء

(*) وهي مثوى الموتى في الميثولوجيا الإغريقية، والغالب أنه تحت الأرض أو جهنم. (المترجم).

الشمس قد يكون مميتًا من دون درع. كما أن الثورات البركانية كانت بالفعل أكثر انتشارًا وتوسعًا وشمولاً مما هى عليه الآن، والتى كانت تقذف بقوة كميات هائلة من الغبار من وقتها فصاعدًا. ومن ناحية أخرى فإن التحولات الجوية العائدة للهباء الجوى **aerosols** وتغيرات الضغط الجوى؛ كل ذلك من شأنه أن يجعل الوابل التصادمى ومقذوفاته فى حدها الأقصى أما تحت سطح الأرض، ومهما كانت الظروف، فإن الأمور كانت أكثر استقرارًا ورصانةً.

وثمة ميزة أخرى لمواقع الأعماق، هى أن المواد الخام التى تحتاج إليها الحياة، كانت جاهزة وفى متناول اليد. حتى فى يومنا هذا فإن القشرة الأرضية لم تزل تتعضد بما يمثل المد الدائم بالهيدروجين والميثان وكبريتيد الهيدروجين وغازات أخرى مختزلة. وتلك هى بالضبط الأنواع التى يحتاج إليها التركيب أو التأليف الكفء للجزيئات الحية **biomolecules**. وقد زعم كل من ميللر وأوراى فى تجربتهما الشهيرة بأن الجو البدائى للأرض، كان مكونًا من تلك الغازات المختزلة، ولكن الآن حيث يفصل الجيولوجيون مزيجًا من ثانى أكسيد الكربون والنيتروجين، فإن نظرية «حساء» السطوح لا تبدو مشجعة كثيرًا. وبالتضاد فى عالم ما تحت السطح، خاصة بالقرب من فوهات البراكين، تمدنا القشرة الأرضية بوفرة حقيقية من تلك الكيماويات المختزلة والمتضمنة لحديدوز الحديد **ferrous iron**، والعناصر الأخرى الإسفنجيّة مثل الكبريت والمنجنيز والمتوافرة بكثرة فى الحمم البركانية. كما أن الطبيعة المسامية المغذِّية لبازلت قاع البحر تساعد في مد الحياة بمتاهة من القنوات والفجوات لتركيز المواد العضوية، وبمساحات واسعة من السطوح التى تحث التفاعلات لكى تأخذ مجراها. وعلى الجملة، فإن كل هذا يؤدى إلى بيئة كيميائية حيوية عالية الإنتاجية، وهو توقع أكدته التجارب. وعلى نحو ظاهرى أو ربما زائف، فإن التربة الحرارية التى تسببت في زيادة حرارة قشرة المحيط الخارجية قد أنتجت المزيد من العضويات وبأكثر مما جاءت به تجارب ميللر – أوراى.

وتعتبر الطاقة عاملاً آخر يجب أن نأخذه في الاعتبار وبنفس أهمية المـواد الخام. وقام بحسابها إيفريت شوك **Everett Shock** من جامعة واشنجطن بـسانت لويس. وكذا كمية الأنطروبيا بالقرب من الفوهات أو الفتحات المتطرفـة الحـرارة **hydrothermal** في أعماق البحر. «هناك ديناميكيـة حراريـة **thermodynamic** والتي تؤدي إلى تشكيل تجمعات عضوية، حيث إن مياه البحر والحرارة المتطرفـة للسوائل والتي هي بعيدة عن التوازن، تختلط كي تتجه نحو حالة أكثـر اسـتقرارًا هكذا شرح شوك[١٥]، حيث وجد أن الطاقة المتاحة تصل إلى حدها الأقصى عنـد درجات حرارة من ١٠٠ إلى ١٥٠، وهي بالضبط مستوى درجات الحرارة التـي تعيش فيها العضويات المحبة للحرارة. وليس فقط في استطاعة هذه العضويات، أن تبقى مغلقًا عليها بإحكام في الأواني الواسعة التي تحفظ فيها الكيماويـات والطاقـة الحرارية الناجمة عنها، إنما أيضًا يمكنها الحصول على الطاقة عن طريق إنـشاء مجمعات عضوية بسيطة. والطاقة المحررة يمكنها إذن أن تدفع بعيـدًا أي تفاعـل ديناميكي حراري غير مرغوب لمثل تركيبات أو تآليف الببتيدات **peptide**. وقـد قدر شوك أنه في حياة نموذجية عند فوهة أو منفـذ، فـإن الكتلـة الهائلـة هـذه والديناميكا الحرارية يمكن استثمارها في إنشاء حياة عند الحدود المذهلة لما يساوي ٢,٥ كيلوجرام في الساعة. وهذا يتضاد مع المعركة أو القتال الدائر في الحياة على سطح الأرض والخاص بالتمثيل الضوئي، والذي يتطلب آلية معينة للتغلـب علـى مضار الديناميكا الحرارية. وعادة ما يقال إنه: «لا يوجد شيء مثل وجبة مجانية». ويشرح شوك منتهيًا إلى: «أنه لا يوجد مكان على الأرض تتصل فيه الجيولوجيـا الكيماوية مع العمليات الحيوية أو البيولوجية مثل الأنظمة المتطرفة حراريًا»[١٦].

ولو أن هذه المناقشات تبدو مقنعة، إلاّ أن الدليل الأكثر تحديًا هو أن الحيـاة بدأت حارة وفي الأعماق، ولكنها لم تكن نتيجة للكيمياء على الإطلاق، إنما جـاءت من أصل وراثي أو أصل له تاريخ. وكما أوضحت في الفقرة السابقة أن الجينـات الباقية من العضويات الحية تحتوي على سجل للماضي، وأن الجزيء الحيوي هـو

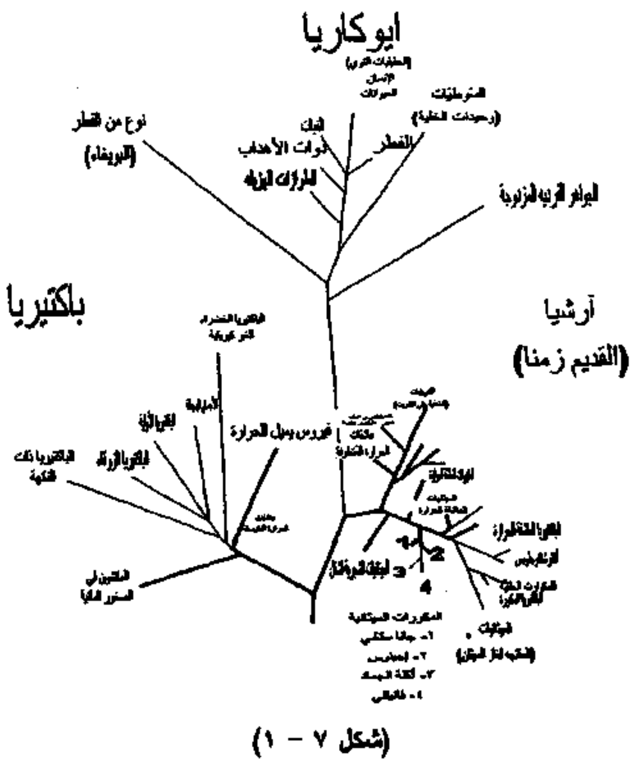
الذى يجب أن ننظر إليه لنعقب أو تبين طبيعة أسلافنا العالميين. كيف كان ما يبدو عليهم وأين عاشوا؟ وفيما يتعلق بتتابعات تقنية الجينات أو المورثات كان مــن لــه السبق فى مجالها هو كارل ووز **Karl Woese**، والذى قدمته فى الفصل الثالــث، وطريقته فى ذلك يمكن استخدامها لإعادة بناء شجرة الحيــاة وتحديــد المــسافات التطورية بين الميكروبات المختلفة. ومن الممكن عبر هذه الدراسات أن نــستدل أو نحدس أى مجموعة عضويات، هى التى ظهرت على الإطلاق فى أقل ما يمكن لها عبر الزمن، والتى لذلك تشبه أكثر الحياة الباكرة. وتشير نتائج هذه الدراسات بقــوة إلى النوع الذى يسمى «أرشيا» **Archaea**[١٧].

ومن بين أنواع الأرشيا المعروفة، ثمة مجموعات هى من أكثرهــا كــسلاً وبلادة. فيما يتعلق بالتغيرات الوراثية. وهذه تظل فى تطورها ملتصقة بالأوحــال، وهى فى حال عظيم من الابتهــاج تحــت مــسمى «حــرارى لــبعض الوقــت» **Pyrodictium** أو «الميّال للحرارة» الأسبق زمنيًا. وقد قام كل من كــارل ســتيتر وسوزان بارنز **Susan Barns** بدراسة هذه الأرشيا باستخدام تقنيــة تحليــل الرنــا **16Sr**، والتى تشير إلى مجموعة متكاملة من الرنا الريبوى **ribosomal** الذى يمكن استخراجه أو استنباطه من الحياة العضوية غير المعروفة فى البرية. والشكل ٧-١ يعتمد على عمل مبكر لووز وزملائه، ويلخص آخر ما وصلوا إليــه مــن نتــائج كقطاع لشجرة الحياة[١٨]. والملمح ذو المعنى الذى يثب فورًا من الصفحة لناظريك أن الفروع الأقصر والأولى فى الشجرة تحتلها الميكروبات المحبة للحرارة وأيــضًا المتطرفة فى ذلك الميل **hyperthermophiles** ،**thermophiles** وهى الأنواع التى أخذت شكل العناقيد وتخلقت حول الفوهات الحارة تحت المحيط، وسكنت الصخور المغمورة بالمياه تحت السطح، ليلقى بها إلينا التطور مرة أخرى. والرسالة التى لا يمكن أن تخطئها العين من الجينات أو الميكروبات المحبــة للحــرارة والــساكنة للأعماق هى أقرب الأشياء شبهًا لأسلافنا العضويين العالميين.

ربما كان هذا مما يجلب الدهشة. إذ بينما انتقلت طبقة سطح الأرض بشكل هائل عبر العصر الجيولوجي. إلا أن السطح الأعلى للأرض قد تغيّر على نحو أقل. وثمة مواقع مثل الصخور الرسوبية عند قاع البحر والفوهات المتطرفة الحرارة **hydrothermal** تحت البحر والتي من النادر أن تختلف عن نظائرها منذ بلايين السنين التي مضت. وإذا كانت الحياة قد بدأت في موقع عميق وحار، فربما تكون قد استمرت في شغلها لتلك المواقع حتى يومنا هذا ومع الظروف المستقرة فإننا قد نتوقع أن التطور قد رابط هناك، وأن سكان تلك المواقع تحت السطح والساخنة، ربما لم تتغير إلا قليلاً عما كان عليه أسلافها القدامى. والميكروبات التي قطنت لهذه الفترة تحت الأرض في قاع المحيط في المياه الساقعة أو اللافحة، حول الفوهات المتطرفة في حرارتها، ربما تكون لذلك هي الآثار المتخلفة عن العصور المضطربة العنيفة الاهتياج، والتي كانت الحياة فيها تناضل من أجل تأسيس وإنشاء ذاتها فوق كوكب ملتهب وخطر.

وعند أول اكتشاف لتلك الميكروبات المتطرفة في ميلها للحرارة، كان الميل هو الانصراف عنها باعتبارها تمثل انحرافًا أو زيغًا وأنها عضويات غريبة وشاذة، غزت على نحو ما مستودعات عالية الحرارة، واضطرت لتحوير نفسها لتتناسب مع الظروف غير العادية تلك. والآن فإن الدليل يشير إلى نتيجة عكسية: أن العضويات الصغيرة الباكرة كانت جميعًا من المتطرفة في ميلها للحرارة، ومؤخرًا فقط تأقلمت مع الحياة في درجات حرارة أقل. وفي مواقع معينة تحت سطح الأرض تتشابه ظروفها مع تلك التي كانت منذ وقت طويل مضى. وهناك في واحد منها عُثر على عضويات لم تزل محافظة على نموذج الحياة البدائية منذ بلايين السنين. وثمة مدخنة سوداء تحت البحر، ربما تكون عَصِيَّة عليّ وعليك، ولكنها ليست كذلك بالنسبة لكائن جهنمي أسبق من حيث الزمن ومحجوب عن الرؤية **Pyrodyctium occultum**، وإنما أشبه بالجنة الحقيقية، فهو مدلل وراض تحت هذا الغطاء الواقي الحراري في طابعه الجيولوجي، كانت هذه الحشرات العظمى مثالاً

للحزمة البيولوجية التى تشبثت بمهاد الحياة، بينما كل أبناء عمومتها المحيطين بها والأكثر قدرةً على المغامرة، هى التى تكاثرت وتضاعفت منذئذ وصاعدًا وتعلمت التواؤم مع الحقائق المؤلمة والقاسية للحياة فوق سطح الأرض وبالقريب الأسفل له. وإذا ما كانت هذه النظرية صحيحة، فإن اتجاه هجرة الميكروبات هو لأعلى أكثــر منه لأسفل. فالحياة تحت الأرض لم تُدفن، بل كانت هناك منذ البداية. ثم تصاعدت من الأعماق.



(شكل ٧ – ١)

الأحفورات الحية. هذا القطاع من شجرة الحياة يبيّن إلى أى مدى انفــصلت الأنواع جينيًا بعيدًا عن بعضها البعض. وأطوال الأفرع تدل على كمية التحريــف الجينى. والخطوط الغليظة تشير إلى الميكروبات المتطرفة فى ميلها للحرارة والتى اكتشفها ستيتر ومجموعته. ومن الواضح أن أقل الأنواع التى ظهرت تحتل الأفرع

الأكثر قصرًا وعمقًا في الشجرة وجميعًا من المتطرفات في ميلها للحرارة. (أعيد طبعها من تطور الأنظمة البيئية المتطرفة الحرارة على الأرض (والمريخ؟).

Evolution of Hydrothermal Ecosystems on Earth (and Mars ?)

الذي ألفه جريجوري باك **Gregory Back** وجامي جود **Jomie Goode** (ويللي وأبناؤه المتحدة، شيشيستر ١٩٩٦) وبتصريح من مؤسسة الفن الحديث **Novartis**.

والنظرية القائلة بأن الحياة بدأت في الأعماق الحارة كان أول من ناقشها[١٩] في عام ١٩٨١ جاك كورليس **Jack Corliss**، من جامعة ماريلاند **Maryland**، وانتشرت بين العلماء بمعرفة تومي جولد عبر بحث متألق يُجرى محاكمة للنظرية[٢٠] وهي بصفة مبدئية قوبلت بعدد من الشكاك المُعتبرين ولكنها سرعان ما اكتسبت شعبية بين العلماء وكثير من الطلاب. كما ساندتها عدة خطوط من الأدلة في علوم البيولوجيا الجزيئية. وعلى سبيل المثال، فإن الميكروبات المتطرفة حراريًا تهضم الكربون بطريقة غريبة، مستخدمة دورة كيميائية بسيطة وتكاد تكون بدائية، والعضويات المتجذرة أكثر في شجرة الحياة عن غيرها تستفيد من بروتين قادر على صدّ الحرارة والذي يحميها من التدفقات الحرارية المفاجئة من النوع المتوقع قرب النظم البركانية. هذا البروتين يشتمل على معادن مثل الزنك والموليبدنيوم **molybdenum**(*). وهي المعادن المعتادة في التدفقات البركانية. هذا وجاءت المساندة أيضًا من التحليلات المطولة والتفصيلية للعادات الميكروبية المتعلقة بدرجات الحرارة. وكما رأينا فإن نوع الأرشيا يتضمن العديد من الميكروبات المتطرفة حراريًا. أما نوع إيوكاريا والأكثر ظهورًا وتعقيدًا عنها يمكنها أن تحتشد أو تتجمع في حفنات صغيرة. وما

(*) عنصر معدني يشبه الكروم في كثير من خصائصه، ويستخدم في تقسية الفولاذ (المترجم).

دام الأمر يتعلق بالباكتيريا، فإنهـا تتـضمن المتطـرف حراريًـا والميـال فقـط (دون تطرف) للحرارة، والكثير منهـا مـن النـوع الوسـط بينهمـا. وبتنـاول الأمر على بعضه أو بشكل جمعى، فإن تعـداد الباكتيريـا يقتـرح لنـا أن نـوع الإيوكاريا منها كان دائمًا وبصفة مبدئية مـن بـين الكائنـات البـاردة، والقليـل منها هو الذى استطاع أن يتأقلم مع الظـروف الحـارة، وبينمـا نـوع الأرشـيا والباكتيريا قد فضلّتا الحرارة، حيث إن البعض منها ظهـر فـى مـستويات أقـل من مقياس الحرارة ذاك.

والجينات التى ترجع لنوع الأرشيا تشير بشكل جبرى إلى أنها بقايا قديمـة من الأعماق السافعة أو اللافحة. وإذا كان هذا صحيحًا فإن هذه الميكروبات سوف تمدنا بلقطات عن كيف كانت عليه الحياة والأرض ذاتها فى الماضى البعيد. أو أن تقلب المناقشة رأسًا على عقب: إذا كان أسلوب حياة الميكروبات من نوع الأرشـيا يتواءم مع ما نعرفه عن الحياة فى الماضى، فإنها تدعم أو تساند النظرية القائلة بأن تلك العضويات تمثل نوعًا من الكبسولات المنمنمة الطابع للزمن.

دعهم يأكلون الصخور:

مهما كان تقويمنا لمخاوفنا عن تعرض الأنـواع للخطـر أو فقـد التنـوع البيولوجى، فإن الحياة ككل تمتلك شبكة قضبان متصالبة ومحكمة تجرى عليها فى هذا الكوكب. وعبر الأزمنة المطردة الطول، فقد تم إثـراء الأرض بالعـضويات الحية وأقلمتها مع متطلبات البيولوجيا، وحتى عند وقوع اصطدام كبير لكويكب مع الأرض فإنه بينما ينشئ حالة من الدمار يقضى فيها على أنواع عديدة فى ضـربة واحدة، فإنه فى الوقت نفسه لا يمحى المجال البيئى ككل، فمنذ ٣,٥ بليون سنة على الأقل وحتى الآن، والحياة على الأرض تتمتع بتنوع قوى ونشط، بحيث يضمن أنه سيستمر فى البقاء بشكل ما، ليست كل الأنواع ولكن فى حدود أقسى وأشد النكبات.

ولكن الوضع قبل ٣,٨ بليون سنة مضت كان مختلفًا كليةً. وعليه فإن قدر أى نظام ميكروبى فى النضال من أجل الحصول على موطئ قدم، لا بد تمامًا من وضعه فى الميزان. وقبل إمكانهم التنوع لتقديم حماية ضد غير المتوقع من الظروف فقد كان عليهم أن يتجاوزوا كثيرًا من المخاطر إلى جانب مخاطر اصطدام الكويكبات العملاقة. ومن بين أكثر ما واجهته هذه الميكروبات صعوبة، هو أزمة الغذاء، وبشكل أوضح: أزمة الطاقة. لأنه من دون وفرة التنوع الموجود فى الحياة، فلن يكون هناك شيء عضوى تتغذى به، ومن ثم فقد كان عليها أن تبحث عن مصدر آخر للغذاء. وقد كان ثمة اثنان من المصادر الممكنة: ضوء الشمس، والكيماويات، وباعتبار أن التمثيل الضوئى يعتبر من العمليات المعقدة، فقد كان الانتحاء الكيماوى **chemotrophy**، يبدو النظام الأمثل.

وإذا نقبنا فى التاريخ يمكننا أن نتبين أول مفتاح للحشرات الكيماوية من دراسة قام بها ميكروبيولوجى روسى يدعى سيرجى وينوجرادسكى **Sergei Winogradsky** فى الثمانينيات من القرن الماضى حول الباكتيريا المتدلية فى شكل شرائح **thamentary**، والتى تكمن فى العيون الكبريتية، **sulphurous springs**، إذ وَجَدَ أن النوع المعروف باسم **Biggiatoa** (الفضفاض أو المتدلى كالكيس) يأكل الكبريت. وبالفعل، فإن هذا يحدث نتيجة لليأس. وينوجرادسكى كان مستعدا لتصنيفها أو وضعها ضمن بيئة معينة مستحدثًا وسيطًا من كبريتيد الهيدروجين الذى يذوب فى الماء. وبالرغم من أنه يعتبر سُمًّا قاتلاً لمعظم العضويات الحية، فمن الواضح أن هذا المستحضر كان تأييدًا لما قيل عن اختيارات هذا النوع من المتدليات والكبريت الخام كان أيضًا مقبولاً ولكن كغذاء فى أوقات المجاعة.

اكتشاف وينوجرادسكى مثّل نوعًا من الإلهام، لأنه حتى ذلك الحين كان البيولوجيون يفترضون أن كل العضويات الحية إما أنها تقضم قطعًا من عضويات أخرى، أو تحصل على الطاقة اللازمة لها من خلال التمثيل الضوئى. وهنا مع هذا

الكشف فثمة ميكروب يتعيش بسعادة على نظام غذائي يعتمد على كبريتيد الهيدروجين، أو الكبريت الخام، مع أن كليهما عضويات كيماوية بالكامل. وكان وينوجرادسكي هو الذي صك مصطلح أو الاسم الدال على ذاتية الغذاء **autotrophs**، وهي تلك التي تحصل على الطاقة من مصادر غير عضوية. ومن السخرية بمكان أن الأمر صار إلى أن هذه البيجياتو (جنس المتدليات)، ليست بالضبط ذاتية الغذاء، ولكن وينوجرادسكي كان على الطريق الصحيح، ومنذئذ فقد تم اكتشاف العديد من أجناس الميكروبات الكيماوية. وكان أكثرها تميزًا هي الميكروبات العصوية الشكل الكبريتية والمؤكسدة **thiobacillus thio-oxidans** وهي الباكتيريا التي تسرف في شربها للكبريت، وتهاجم البلاعات والمجارير.

ولقد صنعت هذه الباكتيريا الكيماوية بيئتها الحيوية من ثاني أكسيد الكربون، والذي هو دائمًا من المتاح على الأرض، كما أنه من الغازات التي تذوب أو تنحل في الماء. ويمكن لتفاعلات كيميائية متنوعة أن تمدنا بالطاقة. واحدًا من هذه: أكسيد الكبريت أو كبريتيد الهيدروجين، وهو الشيء المألوف للباكتيريا ساكنة السطوح، والتي تتعامل مع الأكسجين من الهواء. ومن الأكثر إثارة لنا هنا هو النوع من الباكتيريا الكاره للأكسجين **anaerobes** (المتعضي اللا هوائي) وذلك بسبب أن الأكسجين المتاح حاليًا كان غائبًا عن الأرض الباكرة. وعبر الخمسين سنة أو نحوها منذ تم التعرف على أنواع من الميكروبات المفرطة الميل للحرارة، فإن العضويات التي تبلغ أقصى المدى في نموها مع هذا القدر من الحرارة، كانت تضم النوع الميال للحرارة أحيانًا **Pyrodictium**، وكذا تلك التي تتأرجح ميولها ما بين الحرارة والبرودة **Pyrobaculum**، كلاهما لم يتعامل مع الأكسجين على الإطلاق، وهو ما يتلاءم مع النظرية القائلة بأن محبي الحرارة من نوع أرشيا عبارة عن أحافير حية من عصور بعيدة زمنيًا وتتسم بوجود الأكسجين المجاني. وهذه الحشرات العظمى تحصل على الطاقة بدمج الهيدروجين مع الكبريت لصنع كبريتيد الهيدروجين.

يتناثر الكبريت كثيرًا بين الجزيئات العضوية، ربما هو الأصغر كنسبة بين العناصر، ولكنه عنصر كيماوى مهم للحياة الباقية، والباكتيريا التى تهضم الكبريت وتقوم بتمثيله غذائيًا تشتمل على بعض من أقدم المتطرفات منها فى ميلها للحرارة. وهذا يشير إلى مفتاح حاكم فى أهمية الكبريت لتشكل الحياة والاسم القديم للكبريت هو حجر الكلس **brimstone**، وهو المعادل أو المكافئ للكبريت. وهو عنصر شيطانى أو جهنمى يتشارك مع البراكين المتقدة ومع الجحيم. ولقد كان عاملاً مهمًا على الأرض البدائية، خاصة فى شكل كبريتيد الهيدروجين، والمكان المركزى للكبريت فى قصة أصل الحياة أمر يدعو للسخرية، ليس فقط لأنه ليس جنة عدن، بل أقرب شبهًا لجحيم «هاديس»، وإنما يمكن أن يكون الأمر أن الحياة أُنشئت من معدن الكبريت.

والحديد يعتبر بدوره عاملاً مهمًا للحياة، وهو دائمًا ما يوجد مندمجًا مع الكبريت مثل معدن الـ «بيريت» **Pyrite**(*)، والذى يعرف شعبيًا على أنه نوع من الذهب الخادع. وكان المقترح أن هذا المعدن الحادث الرئيسى لعملية النشوء الإحيائى، وذلك بواسطة كيميائى ألمانى يدعى جونتر فَاشْتَروزَر[21] **Counter Wächteräuser**. وبينما كبريتيد الحديد يصنع غشاءً بدوره، مشكلاً موقعًا لنظرية مايك رسل **Mike Russell** عن أصل الحياة، والتى عرضتها فى الفصل الخامس. ولا يزال معدن الـ «بيريت» يمثل مصدرًا لغذاء الباكتيريا ذات الانتحاء الكيماوى (التى تتجه فى نموها إلى عناصر كيماوية. «المترجم») من نوع: العصوية الشكل الميالة لأكسيد الحديد **Thiobacillus ferro-oxidans**، والتى تحصل على طاقتها من محتوى أكسيد الحديد وأكسيد الكبريت المندمجين. وبالمناسبة، فإن مهندسى المناجم يعيرون كثيرًا من اهتمامهم لأنشطة هذه العضويات الدائمة الانشغال. يتم إنتاج الحديد المحتوى على ما هو حديدى حقًا كمنتج مهدور أو ضائع باعتباره يحرر المزيد من الحديد والكبريت من معدن البيريت، ومنشئًا لدورة تفاعلات كيماوية

(*) سبيكة صفراء اللون مكونة من الكبريت والحديد. (المترجم).

متسارعة. وتوجد كميات كبيرة من معدن البيريت في الأوحال والقاذورات وفي المناجم وفي عروق الفحم. هذا الأمر قد يؤدى إلى تآكل الآلات أو يتسبب في مشكلة تلوث حقيقية تعرف باسم «الصرف الحمضى للمناجم» **ocid mine drainage**، كما أن هذه العضويات العصوية التى تتغذى على أكسيد الحديد، يمكنها أيضًا أن تهضم كبريتات معادن أخرى مثل النحاس **copper** والقصدير **tin** وحتى اليورانيوم **Uranium**، الذى يستغل تجاريًا فى تنقية المعادن. وثمة آكل آخر للحديد من الباكتيريا الكيماوية والمعروف باسم، جاليونيلا **Gallionella**، والذى يقطن مجارى الأنهار الغنية بالحديد، والذى يحيل أملاح الحديدوز السائلة أو المتحللة فى الماء إلى الحالة الحديدية غير القابلة للحل. مؤديًا إلى تلوين المياه بلون الصدأ، وهى حالة مميزة يستطيع الكثيرون ملاحظتها. وهكذا، فإن الحديد والكبريت ربما كانا معًا يمثلان القابلات الرئيسية التى ولّدت الحياة فى قشرة الأرض، ومازالا يقدمان قطوفًا دانية لحياة المتعضيات الميكروبية. وفى المرة القادمة، حينما ترى مجرى مائيًا ملونًا بلون الصدأ فلتتأمله جيدًا، إذ إنك تشاهد عملية لها علاقة مباشرة بأصل الحياة.

وهناك طرق عديدة تقوم بها الميكروبات. فهذا النوع اللافت للنظر المسمى أرشيا ينقسم من الناحية الطبيعية إلى ثلاث مجموعات: محبو الحرارة ومحبو الشكل الهلالى **halophiles**، (محبو الملح) **salt-lovers** وصانعة الميثان **methanogens**. وهذه الأخيرة تحصل على الطاقة بصنع الميثان وهى واحدة من أشكال التمثيل الغذائى الأساسية، والتى لم تزل منتشرة تمامًا فى عالم الميكروبات. ولو أنت كيميائى بارع فإنه يمكنك أن تحصل على غاز الميثان مباشرة من الهيدروجين وثانى أكسيد الكربون. وهو ما تفعله ميكروبات الميثانوثيرمس **Methanothermus**، وهى ميكروبات عصوية الشكل تسكن الينابيع الحارة فى أيسلندا. ومؤخرًا تعثر تود ستيفنز **Todd Stevens** وجيم ماكنلى **Jim Mckinley**، من معامل الشمال الغربى الباسيفيكى فى ريتشلاند **Richland** بواشنطن فى ميكروبات تفعل مثل ذلك تحت الأرض أثناء مشروع للحفر فى

منطقة نهر كولومبيا[٢٢]. وقد تنبها لوجود هذه الميكروبات تحت الأرض عقب انفجار وقع أثناء حفر فى طبقة عميقة من طبقات البازلت. وبمواصلة البحث وجد ستيفنز وزملاؤه أن الصخور العميقة كانت تنفث هيدروجينًا. وهذا الغاز ذو مستوى عالى الانفجار فى الهواء. وقد كانت المفاجأة بالنسبة لى أن أعلم بحدوث هذا طبيعيًا فى مكان ما على الأرض فى هذه الأيام. ومن الواضح أن عمليات كيماوية متنوعة سوف تُنتجه مثل انسكاب الماء على السيلكا(*) الغنية بالحديد **iron-rich silicate**[٢٣]. ومن المدهش أن ثمة أماكن معينة فى عُمان وكاليفورنيا واليابان يتم فيها تركّز عالٍ من الهيدروجين المتسرب من باطن الأرض إلى سطحها.

يمثل غاز الهيدروجين مصدرًا مُرحبًا به للطاقة بالنسبة لنوع الميكروبات صانعة الميثان **methanagens**، حيث تقوم بدمجه مع ثانى أكسيد الكربون الذائب، ومن ثم يصنعون بيئة حيوية حيثما تواجدوا. وبفعلهم ذلك ربما يشكلون أقدم شكل للتمثيل الغذائى. وهذه ليست إلا أمثلة على الميكروبات ذات الانتحاء الكيميائى والتى تستقل بالفعل عن حياة السطح، ولا تعتمد، ولو حتى بطريقة غير مباشرة على منتجات التمثيل الضوئى. وبهذه الطريقة يمكنها توفير الغذاء وسلسلة الحياة القادرة على الازدهار والنماء فى الظلمة المطلقة وفى الأعماق تحت سطح الأرض. وهذا الأمر ليس من قبيل الحدس أو التفكير أو الذى لا أساس له. لأن ستيفنز وماكنلى أرادا أن يُصنّفا هذه الباكتيريا من خلال الحفر التى يعيشون فيها، حيث وُجِد البعض منها يعيش متطفلاً على مواد عضوية ينتجها آخرون بشكل مبدئى **adinito**. ولقد اعتقد العلماء أن خليطًا معقدًا من البيئيات يسكنون فى بازلت نهر كولومبيا وصاغوا تعبيرًا مكونًا من الحروف الأولى لجملة لها هذه الدلالة: **Subsurface Lilhoautotrophic Microbial Ecosystem= SLIME**، وهى التى تصف تلك الحالة والتى يمكن ترجمتها تقريبيًا إلى (النظم البيئية لتغذية الميكروبات الحجرية التى تعيش فى تجاويف الأحجار تحت سطح الأرض). ويكاد بالتأكيد أن

(*) السليكات هى كل ملح يتم اشتقاقه من الحوامض السيلكية أو السيلكا (المترجم).

هناك أنواعًا أخرى من هذه النوعية من الميكروبات تنتظر اكتشافها في مواقع أخرى عديدة.

هذه الميكروبات تحتل واحدًا من أعمق فروع شجرة حياة الأرشيا، وهذا يعني أنها ضمن أكثر تشكلات الحياة في القدم. وثمة واحد منها يسمى ميثانوبيرس **Methanopyrus** لديه قدرة على النماء في أقصى درجات الحرارة (١١٠°) ويشمل غشاءً كيماويًا مميزًا يشبه سلفه من الغشاء الليبيدى **Lipids**(*) الموجود في معظم أنواع الأرشيا، وهذا، يقترح علينا أن هذا النوع ربما من بين أقدم طراز بدائي للنظم العضوية عُثر عليه حتى الآن.

وتكمن الصعوبة في إعادة بناء الأساس الميكروبي لشجرة الحياة، في أننا ليست لدينا فكرة عن العضويات التي بقيت حتى هذا الوقت دون أن تكتشف، فربما هناك بعض الأنواع الغريبة والنائية من الـ **SLIME**. هذا، والميكروبولوجيون ليس فقط يعثرون على أنواع جديدة طول الوقت، ولكنهم يدلفون بالمصادفة إلى مملكة جديدة كليةً. والحوض البركاني الزجاجي أسود اللون **Obisidian Pool** في الحديقة الوطنية لـ: يلوستون **Yellowston**، قد أعطتنا مؤخرًا نوعًا غير معروف من الأرشيا يحتل فرعًا عميقًا ومميزًا في الشجرة، يقع بين نوع الإيكاريا والمجموعة الرئيسية من أنواع الأرشيا. وبالتبعية فقد أشارت سوزان بارنز **Susan Barns** ونورمان بيس **Norman Pace** وزملاؤهما إلى وجود مجموعات منفصلة ربما تمثل أكثرها قدمًا في المملكة الميكروبية المعروفة.

وبالطبع فإن أي نوع من العضويات باق حتى الآن سوف يكون بالضبط علامة على سلفه القديم. إذ ثمة تحولات تطورية يصعب تجنبها عبر هذا التدفق الهائل للزمن. ومع ذلك فعلينا أن نحاول ونخمن أي نوع معروف من الميكروب يمكن أن يشبه سلفنا العالمي. ربما كان المرشح الملائم هو هذا النوع من الميكروبات

(*) الليبيدات هي مركبات عضوية تشمل ضروبًا من الشمع والدهن. (المترجم).

الحرارى أحيانًا **Pyrodictium**، التى تختزل الكبريت. إنها تزدهر وتنمو بقـوة فـى درجة حرارة ١١٠°، وبالتالى تشير إلى سلف عميق من محبى الحرارة. وهى تعيش فى مستعمرات أو تجمعات تشكل شبكات غريبة من حلقيـات أو مكـورات الـشكل المترابطة بواسطة شرائط أنبوبية مدلاه. ومن الآسر أو الفـاتن أن نتعجـب كيـف لأسلافنا أن يسكنوا هذه الشبكة العنكبوتية البالغة التعقيـد فـى بعـض الكـوّات أو التجاويف المتقدة الحرارة تحت سطح الأرض، ولبلايين من السنين الماضية.

ويبقى التاريخ:

وبهدف التلخيص: سجل الأنواع أو العرقيات يقترح علينا أن سلفنا العـالمى عاش عميقًا تحت سطح الأرض وفى درجات حرارة تفوق ١٠٠°، ومن المحتمـل أنه كان يأكل الكبريت. ومع ذلك فمن الواضح أن هذا الكائن الصغير كان بالفعـل نموذجًا متميزًا لشكل من الحياة له سمات معقدة مثل تركيب شفرة البروتين. وكمـا أكدت من قبل، فإن ذلك السلف العالمى ليس هو أول كائن حى. ولا بد أن تاريخًـا طويلاً من التطور هو الذى جعله يستمر. ونحن لا نعرف بالكاد شيئًا عن الظروف التى ربطت بين أول كائن حى وبين ذلك السلف العالمى.

ومن المُغرى أن نتخيل أن للحياة بالفعل بدأت فى جو ساخن أو طبوغرافيـا حرارية **geothermally**، وغنية بالمعادن فى تجاويف تحت السطح، ثم ظهرت فى موطنها الطبيعى كسلف عالمى قبل أن تتناقلها الإشعاعات عبر الكواكب. ومع ذلك نحن لا نعلم إذا ما كان هذا هو الوضع. وربما تكون الحياة فى بيئة مختلفة تمامًـا، ثم قامت بغزو المناطق الحارة تحت سطح الأرض فى تاريخ لاحق. وفى الفـصل السادس ناقشت أعمال نورمان سليب **Norman Sleep** وآخرين والتى اقترحـت أن سطح الأرض قد عانى من عدم التوازن من وقت لآخر، بسبب دخـان الـصخور الناجم عن التصادمات الكونية بالغة العنف. وطبقًا لهذه النظرية المُحبطة والمثبطـة

على السواء، فإن الحياة ظلت تعانى من الضربات العنيفة المتلاحقة التى أبادت أغلبها، ولكن فقط لتظهر مرة أخرى، كما يظهر طائر الفينيق **phoenix**(*) من بين الرماد. وبينما يتناقص تدريجيًا وابل الضربات فإن سطح الأرض يبقى مسفوعًا باللفحات العنيفة من وقت لآخر ومن ثم يصبح الملاذ الآمن موجودًا فى الطبقات العميقة للصخور، ولأن هذا العمق فى الصخور يمثل بيئة جغرافية حارة، فإنها لا تستطيع أن تصبح بمثابة منزل إلا للميكروبات المتطرفة فى نزوعها للحرارة. وحتى الميكروبات التى تستطيع العيش فيما بين الحرارة والبرودة، فلا بد أنها كانت ستلقى حتفها فى هذه المواقع. ومن ثم لا يدهشنا إذن أن السلف العالمى كان متطرفًا فى نزوعه للحرارة، وتلك كانت هى الكائنات الوحيدة التى تقبع فى مناطقها المريحة، بعيدًا عن حرارة النبضات الناجمة عن التصادمات الكونية. ولا بد أن أى ميكروب على السطح محب للبرودة والتى واصلت بعد محبى الحرارة قد تم شواؤه عبر التصادمات ولا بد أن فروعها المميزة فى شجرة الحياة قد قُطعت فجأة. وإذا كان هذا السيناريو صحيحًا، فإن وضع الميكروب المتطرف فى نزوعه للحرارة بالقرب من قاعدة الحياة لا يشير بالضرورة إلى أن الحياة بدأت فى العمق والحرارة أو الأجواء الحارة. وإنما يعنى أن الحياة قد اختارت درجات حرارة خانقة وكعنق الزجاجة تسببت فيها نيران النيازك. والمؤشر على المراحل الباكرة من الحياة جاء من اكتشاف الباكتيريا ذاتية التغذية التى تستطيع أن تؤلف أو تنشئ بيئة عضوية فى الحُفر أو الجيوب الأرضية، مستخدمة ليس فقط ثانى أكسيد الكربون، وإنما أيضًا باستخدام عناصر معقدة عضويًا مثل الأحماض الخلّية

(*) هو طائر خرافى زعمت الحضارات القديمة، ومنها الفرعونية والإغريق والصينيون، أنه يُعمّر لأكثر من خمسة قرون، وسماه الآشوريون «العنقاء»، وأنه يعيش على العطور والعنبر، وعندما يبلغ ذلك العمر يبنى عشًا له فوق أعلى شجرة مكومًا فيه العنبر والمرو الطيب واللبان، ليلفظ أنفاسه الأخيرة بينها بعد إشعال النيران فى العش ومن بين رماد هذا الطائر يولد طائر عنقاء جديد أكثر قوة وجمالاً، وبمجرد اشتداد عوده يهجر موطن ميلاده، متجهًا إلى «مدينة الشمس»، ليعيش فيها حتى يبلغ نفس العمر، وهلمجرا، وقد اتخذه القدماء رمزًا لتجدد الحياة. (المترجم).

acetic acid، والعضويات التى تفعل ذلك تمت تسميتها بالنوع المختلط mixotrophs، وهى إما تستخدم الضوء كمصدر للطاقة مثل حالة الباكتيريا الكبريتية الخضراء، وإما تستخدم تفاعلات كيميائية مثل أكسدة الكبريت أو الهيدروجين. ولو أن سطح الأرض البدائية كان مغطّى بعناصر عضوية واردة مع التصادمات الكونية، فقد كان هذا يعتبر إمدادًا جاهزًا من المواد الخام، بل ربما كان أول ساكن عضوى للسطح من هذا النوع المختلط. وبالطبع، ومن خلال نفس نوعية الحديث، فربما بدأت الحياة فى المذنبات ذاتها، وهى فكرة سوف أعود إليها فى الفصل التاسع.

ولو أننا لا نستطيع أن نحدد أين بدأت الحياة على الإطلاق. فإنه يبدو، وبشكل منتشر، أنه بعد أن توقفت التصادمات أو الوابل من الضربات الناجم عنها فقد ضاقت الأماكن بالحياة فوق أو تحت قاع البحر سواء بالقرب من فوهات البراكين أو داخل الحواف المتطرفة الحرارة. وبعد أن استقر المقام بالحياة فى مثل هذه الأماكن، فقد صار الباب مفتوحًا للتكاثر والتنوع. ولو أن التالى بعد ذلك هو نوع من التخمين بصفة رئيسية، فأنا أعتقد أن القصة التالية سوف تكون على هذا النحو. الميكروبات الباكرة كانت متطرفة فى نزوعها للحرارة، ودرجة الحرارة المناسبة لها كانت بين ١٠٠° إلى ١٥٠°، وسكنت على بعد كيلومتر على الأقل تحت السطح، وربما فوق قاع البحر، ولكن الأقرب للواقع أنها سكنت فى فجوات الصخور القابلة لنفاذ الماء إليها تحت القاع. ولتغمرها المياه المتزايدة الحرارة بشدة والمتخمة بالمعادن، وهناك تغذت بنهم، واستطاعت بمرور الأيام هضم الحديد والكبريت والهيدروجين وأى عناصر جاهزة ومتاحة، مطلقة للطاقة فى دوائر كيمائية بدائية وأيضًا غير كفؤة. لقد كانت نوعًا من آكلة الصخور البسيطة والفجةً. وهناك لم يلعب أى من الضوء أو الأكسجين دورًا على الإطلاق فى عملية تمثيلهم الغذائى ولا احتاجت حتى لمواد عضوية، لقد عملت مباشرة فيما تحتاج إليه عبر الصخور وعبر ثانى أكسيد الكربون المذاب فى الماء.

لقد وجدت أول مستعمرة عضوية عالمًا كاملاً عند أطراف أصابعها وقدرًا وافرًا من مدد المواد والطاقة. وكان عليها أن تنتشر فتتكاثر بسرعة مدهشة. وكان الانفجار التكاثرى يضمن قدرتها على الغزو السريع لكل تجويف صخرى ممكن. فى عدم وجود مقيمين منافسين، يمكن أن يرثوا الأرض كلها وبسرعة. ومع الانفجار العددى ذاك فإن المستعمرة، سرعان ما تصل إلى حدود طاقتها القصوى على الاستيعاب وبدلاً من أن تواصل الزحف إلى الأسفل، حيث تزيد درجات الحرارة على قدرتها على التحمل، وبمعرفة عدم قدرتها على التكاثر فى المواقع الباردة، فإنه من المتوقع أنها تواصل الانتشار على نحو أفقى عند سلسلة براكين منتصف المحيط، وفيما بعد خلال قاع المحيط البازلتى.

وفى مرحلة ما، ربما قبل ٣,٨ بليون سنة، كانت أول مرحلة تفرع أو تنوع لهذه الميكروبات، وعندما تجد مجموعة من الميكروبات إنها فجأة قد قطعت عن ملاذها الحسن البناء والقادر على مواجهة العواصف، بسبب من ارتفاعات جيولوجية فى قشرة الأرض تنجم عن الزلازل مثلاً أو هياج لأحد البراكين. وعليه تصبح معزولة عن المستعمرة الرئيسية ومدفوعة إلى منطقة أبرد مما كانت فيه، فإن معظم هذه الميكروبات تصبح ساكنة أو هامدة أو ببساطة تكون ميتة. وتقسو أغشيتها إزاء هذه الدرجة المنخفضة من الحرارة حتى تسمح بأن يقوم تمثيلها الغذائى بوظيفته. ومع ذلك فإن الباقى المحظوظ منها، والذى يتصادف أن له أغشية أكثر مرونة، يتمكن من المقاومة للبقاء والتكاثر. بإتمام الانتقال لظروف أكثر برودة، فإن الميكروبات المتبقية تكون قد مهدت الطريق لاستخدام سطح الأرض غير المسكون. وفى غضون ذلك وبالنسبة لسكان المستعمرة الأصلية المرتاحين بموقعهم أو عالمهم التحت أرضى، فإن الحياة استمرت على المنوال نفسه حتى الوقت الحالى.

ويتمثل المفتاح الباكر للتنمية فى التحول من بعض العضويات بين الكيميائيات إلى الضوء كمصدر للطاقة والتى لا بد أن الحياة انتشرت معها على

السطح. وأول هذه الميكروبات ذات التمثيل الضوئى ربما لم تستخدم التركيبات الكلوروفيللية الحديثة (اليخضور: المادة الخضراء فى النبات)، وإنما استخدمت بعض العمليات الأولية البسيطة، حيث لا تزال بعض أنواع الأرشيا فى البحر الميت تستخدم شكلاً يميل للبدائية من التمثيل الضوئى، يقوم على مادة حمراء لها صلة بفيتامين (أ) أو التى تقوم باصطياد ضوء الشمس، وهى بذلك تقدم دليلاً على أن الباكتيريا قد تكتشف طريقًا لاقتلاع الإليكترونات من المعادن، دون أن تدفعها الفوتونات الشمسية، ثم تخزّن الطاقة لصنع المواد العضوية. وعندما تحسن الوضع فيما بعد، تحررت من اعتمادها على المعادن، واستطاعت أن تستخرج الإليكترونات من المياه المحملة بالأكسجين كنتيجة تبعية. واللاعب الحاسم فى هذه العملية العبقرية هو الكلوروفيل، وهو الجوهر الذى يجعل النباتات خضراء. وبما أن الماء هو الذى أصبح مطلوبًا مع ثانى أكسيد الكربون والضوء، أصبح الباب مفتوحًا لاخضرار الكوكب.

والذى يظل من دون إجابة هو سؤال أين وكيف ظهرت الأنواع الثلاثة: الأرشيا والباكتيريا والإيكاريا؟ والذى يبدو محتملاً أن عملية التقسيم الكبرى فى الحياة من الأرشيا والباكتيريا قد وقعت مثل اختراع التمثيل الضوئى، وربما باكرًا إلى حد ٣,٩ إلى ٤,٠ بلايين سنة ماضية، فى وسط منطقة وابل الضربات الثقيلة. والأدلة تشير إلى أن الأرشيا هى أقدم وأكثر العضويات بدائية، وإلى أن الباكتيريا ظهرت على نحو متأخر ما. وإلى أى مدى يكون مفتاح الأمر عميقًا بين الأرشيا والباكتيريا، إلى الحد أنهما أبدا لم يتنافسا حقيقة، إنهما لا يزالان يحتلان تجويفات أرضية مختلفة منذ عدة بلايين من السنين والتطور. وفى النهاية فإن الصدع الصخرى الذى أفرز نوع الإيكاريا، ربما حدث عندما أصبحت الظروف أبرد على نحو ما. ولسبب ما، ربما لأنها أصبحت معرضة لمخاطر تحديات بيئة أقل استقرارًا، فإن الإيكاريا المتقبلة للحرارة الأقل، ظهرت على مستوى أكثر سرعة. وازدهار الحياة الناجم عن ذلك، وتنوعها إلى أصناف عديدة، والتعقيد الشديد فى

الحياة البيولوجية تبرعمت سريعًا بعيدًا عن الإيكاريا على فروع شجرة الحياة. ومن دون هذه الخطوة الخطيرة والمهمة، فإننا لم نكن نحن أو أى نوع لـــه معنـــى فـــى الحياة ليعيش أو يوجد فوق الأرض الآن والتأمل فيما تعنيه ككل.

الهوامش

(١) تآكل الأسمنت "The Corrosion of Concrete" لـ: س.د. باركر ".C.D. Parker" (Australian Journal of Experimental Biology and Medical Science 23, 81 and 91 (1945)). وللمراجعة العامة بشأن الحشرات العملاقة، انظر الميكروبات الميَّالة للإفراط في الحجم " لـ: ميشيل ماديجان "Michael Madigan" وباري مارس 'Barry Marrs' (Scientific American 276, No. 4, 66 (1997) والبحوث الخارجية عن الحياة "The Outer Reaches of Life" لـ: جون بوستجيت " John .'Postgate (Cambridge University Press, Cambrdige 1996).

(٢) للمراجعة الحديثة بشأن الحشرات الميَّالة للإفراط في الحجم انظر: الحياة في البيئات ذات الطابع المتطرف "Life in Extreme Environments" لـ: لين روتسشيلد " Lgnn 'Rothschild وروكو مانسنيللي "Rocco Mancinelli». (Nature 409, 22 .February 2001, 1092)

(٣) معبد الطبيعة "The Temple of Nature" لـ: إراسموس دارون " Erasmus .«Darwin

(J. Johnson, London 1973).

(٤) انظر: تطور النظم البيئية المتطرفة الحرارة في الأرض (وعلى المريخ؟) والذى أشرف على تحريره جريجوري بوك 'Gregory Bock' وجامي جود "Jamie Goode'. (Wiley, .New York 1996, p. 37)

(٥) قد لا تكون فعليا حالكة الظلام تمامًا، إذ ربما يكون هناك توهج غريب أو خفي حول الفتحات يرجع إلى عمليات غير مفهومة، وبعض العلماء حدسوا أن التمثيل الضوئي ربما بدأ هناك

عند الضوء التحت بحرى الخافت أكثر من بدنه فى ضوء الشمس. انظر: الضوء فى أعماق البحر "The Light at the bottom of the sea" لـ: روث فلاناجان "Ruth Flanagan". (New Scientist, 13 December 1997, p. 42)

(٦) تعتمد معظم العضويات التى تحيا بالقرب من المداخن السوداء على ضوء الشمس بشكل غير مباشر، إما باستخدام الأكسجين الذائب (منتج ثانوى لعملية التركيب الضوئى) أو بالتهام الفضلات العضوية التى تنحدر إليها من السطح. ومنذ ثلاثين سنة مضت كتب البيولوجى جورج والد "George Wald": «ربما يعد من قبيل الاختبار الذكى والمثير، عندما نتخيل الطرق التى تسلكها الحياة للظهور وأن الظهور سوف يحافظ على ذاته وذلك فوق كوكب مظلم، ولكننى أشك فى أن هذا قد حدث على الإطلاق، لو أنه حدث» انظر: الحياة والضوء "Life and Light". (Scientific American, 201, No. 4, 92 (1959)) ومع ذلك كان والد مخطئًا فى مقولته. فقد تم التعرف على الحشرات المعتمدة على المصادر الكيماوية Chemotrophs والمستقلة تمامًا عن حياة السطح.

(٧) المجال الحيوى العميق والحار "The deep hot biosphere" لـ: ت. جولد "T. Gold».

(Proceedings of National Academy of Science USA 89, 6045 (1992)).

(٨) فى العام ١٩٥٥ اكتشف البيولوجيون البحريون باكتيريا فى رسوبيات قاع الباسفيك (المحيط الهادئ). واعتمادًا على تحاليلهم أعلنوا بثقة نظرية متحذلقة بأن مجال العمق ينتهى بالتحديد بعد ٧,٤٧ متر تحت البحر! انظر: وجود الباكتيريا فى الرسوبيات الأوقيانوسية التى تم جمعها خلالها مهمة وسط المحيط الهادئ "Occurrence of Bacteria in Pelagic Sidiments collected during the Mid-Pacific Expedition" لـ: ل.واى. موريتا "R.Y. Morita" و س.إيي. نوبل "C.E. Zobell».

(Deep-Sea Research 3, 26-73 (1955)).

(٩) أوجه النشأة المعدنية والنظم العضوية الميكروبية فى منطقة البحر الأحمر بالمملكة العربية

السعودية "Aspects of metallogenesis and Microorganism in the Red Sea
Rigion of Saudi Arabia"

لـ: للويد هاميلتون "Lloyed Hamilton". (PhD Thesis, University of London
(1973)) د. أو. إي تسعى لأصل باكتيريا الأعماق " D.O.E. Seeks Origin of deep
Subsurface bacteria" لـ: ح.ب. ماك كنيلي "J.P. McKinely" وآخر (EOS,
Trans. Am. Geophys. Union 75, 385, 1994).

(١٠) انظر التذييل رقم ٧.

(١١) د. أو. إي تسعى لأصل باكتيريا الأعماق D.O.E. Seeks orgin of deep
subsurface bacteria لـ: جي. ب. ماك كينلي J.P. McKinley وآخر (EOS,
trans Am. Geophys 75, 385 (1994)).

(١٢) فكرة استغلال الميكروبات للمساعدة في استخراج الزيت (البترول الخام) نوقشت لأول مرة بمعرفة مجموعة من العلماء في أستراليا عام ١٩٨٣، إلا أن اقتراحهم صادف آذانًا صماء. وفي هذا تجد بحثًا منشورًا بعنوان: البيولوجية الماكروية تُعزّز استعادة الزيت "Microbiological enhanced oil recovery" لـ: ب. بوبيلا «B. Bubela» و ب.ل. ستارك «P.L. Stark» و م. كوردز " M. Kords" (Bass Becking Geobiological Laboratory Annual Report, Canberra 1983, p. 53).
ومؤخرًا جدًا عمدت بعض المؤسسات التجارية إلى البدء في توجيه إنتباهها واهتمامها الجاد إلى المصادر الحيوية المفتوحة والقابعة تحت سطح الأرض. وبالإضافة إلى للتحسينات في قطاع الزيت والغاز، فسوف نرى قريبًا براعم صناعة جديدة تسمى «معالجات البيولوجيا» Bioremediation سوف تقوم بتنظيف الأراضي والمياه الملوثة من خلال استخدام الميكروبات المعدلة. وعليه سيتسنى توفير ملايين الدولارات التي يجرى إنفاقها، من خلال جعل الحشرات العملاقة تقوم بالعمل، والتي ستلتهم الكيماويات السامة في المناطق العميقة وتلك المتعذر بلوغها. كما أن ثمة آمالاً واعدة كبيرة في التعرف واستثمار إنزيمات فريدة

وعناصر جزيئية أخرى تحتفظ لديها بمثل هذه القدرات النفيسة المدهشة، وبالفعل فإن «معهد السرطان الأمريكي الوطني» "US National Canser Institute" قد حقق عزلاً لأكثر من ٥٠٠٠ نوعية من عضويات تحت السطح خلال بحثه عن مضادات السرطان ولقاحات مرض الإيدز "AIDS".

(١٣) ميكروبات الأعماق تعنى الهجوم الضارى على الصخور "**Deep-living microbes mount a relentless attack on rock**" لـ: تيم أبينزيلير "**Tim Appenzeller**". **(Science 258, 222 (1992))**.

(١٤) المجال البيولوجى لباكتيريا الأعماق في رسوبيات المحيط الهادئ "**Deep bacterial biosphere in Pacific Occean Sediments**" لـ: د.ج. باركز "**R.J. Parkes**" وآخر **(Nature 371, 410 (1994))**.

(١٥) الحياة في درجات الحرارة المرتفعة من دون تكوينات ضوئية كنموذج للمريخ "**High Temperature life without Photosynthesis as a model for Mars**" لـ: إيفريت شوك "**Everett Shock**".

(Journal of Geophysical Research- Planets, 102, 23687 (1997)).

(١٦) الاقتباس السابق.

(١٧) وبشكل أكثر دقة فإن الميكروبات الميَّالة لدرجات الحرارة المرتفعة قد نشأت بدرجة بطيئة بالمقارنة مع ميكروبات الحرارة المنخفضة. ولأن معظم «الأرشيا» هي من عاشقي الحرارة، ومحبي الحرارة المتطرفة في ارتفاعها فهي ككل تميل للتباطؤ في النشوء عن الباكتيريا. ومع ذلك فثمة بعض عاشقات التطرف الحراري من الباكتيريا مثل تلك القابعة في الصخور المغمورة بالمياه "**Aquifex**" والتي نشأت في حالة من التباطؤ بينما بعض آخر من الأرشيا التي تميل للعيش وسط غيرها **mesophilic** قد عانت من بعض التغيرات التطورية التي جرت عليها. وأنا مدين بالفضل لـ: سوزان بارنز "**Susan Barns**" التي لفتت انتباهي لذلك.

(١٨) انظر تطور النظم البيئية فائقة الحـرارة علـى الأرض (والمـريخ؟) " Evolution of Hydrothermal Ecosystems on Earth (and Mars?)" والذى أشـرف علـى تحريره كل من جريجورى بوك "Gregory Bock" وجامى جود "Jamie Goode".

(Wiley & Sons Ltd., New York 1996, Chapters 1, 2).

(١٩) الينابيع الحرارية التحت سطح بحرية علـى الـصخور المتـصدعة فـى جـالا بـاجوس "Submarine thermal springs on the Galapagos rift" لـ: ج.ب. كـورليس "J.B. Corliss" وآخر.

(Science 203, 1073 (1979)).

(٢٠) انظر: جولد "Gold" فى التذييل رقم ٦. وانظر أيضًا: المجال البيولوجى فى العمق التحـت أرضى "The deep subterranean biosphere" لـ: كارستين بيدرسـين " Carsten Pedersen».

(Earth Science Review 34, 243 (1993)).

(٢١) تطور أول دورات أيض (التمثيـل الغـذائى) " Evolution of the first Metabolic cycles" لـ: ج. فاخترهوزر "G. Wächterhäuser".

(Proceedings of the National Academy of Science USA 87, 200 (1990)).

(٢٢) النظام البيئى للميكروبات الميكروية الصخرية ذاتية التغذية فى الصخور المغمورة فى المياه بأعماق البازلت " Lithoautotrophic Microbial Ecosystems in deep basalt Aquifers" لـــ: تـود سـتيفنز "Todd Stevens" وجـيمس مـاك كينلـى " James McKinley. (Sience 270, 450 (1995)) ولتقدير مبسّط وميسور انظر: الميكروبـات فى أعماق الأرض "Microbes deep inside the Earth" لـ: جـيمس فريدركـسون "James Fredrickson" وتـــوليس أونـــستوت "Tullis Onstott». (Scientific American 275 No. 4, 42 (1996)) واـــلكائنات الأرضـــية

"The Intraterrestials" لـ: ستيفاني بين 'Stephanie Pain'. (New Scientist, 7 March 1998, p. 28) وكيف ستكون عليه الحياة لو كان المريخ وطنًا لها؟ "How Life Would be at Home on Mars" لـ: لاري أوهانلون "Larry O'Hanlon". (New Scientist, 28 October, 1995, p. 19).

(٢٣) انظر: الهيدروجين في الصخور كمصدر للطاقة لتجمعات الميكروبات في الأعماق "Hydrogen in Rocks: as an energy source for deep microbial Communities" لـ: فريدمان فرويند "Friedmann Freund" و ج. توماس ديكنسون "J. Thomas Dickinson" وميشيل كاش "Michele Cash". (Astrobiology 2, 83 (2002)).

(٢٤) وقد تفسر هذه النظرية وجود النوع الميكروبي هلالي الشكل والميّال للملح التابع لنوع الـ: «أرشيا» archaea، والذي يعيش في ظروف شديدة الملحية. وبعد توقف وابل الصدمات الكوكبية ظلتْ الأرض تعاني من بعض الصدمات الكبيرة نسبيًا لدرجة إحداث غليان جزء من المحيطات وبما يصنع طبقات من الملوحة المركزة والتي قد تكون مهلكة لأي عضويات ما لم تكن متسامحة مع الملح والحرارة كليهما. ومع ذلك فإن الدليل لا يكرهنا على الاقتناع في هذه الحالة باعتبار أن معظم الباقي على قيد الحياة من هذا النوع من الميكروبات لا يبدو واضحًا أنه ذو عمر طويل في خط النسل.

الفصل الثامن

المريخ: هل يصطبغ باللون الأحمر ويموت؟

«إذا كان المريخ مسكونًا بنوع أو آخر من الكائنات، فإن ذلك مؤكد كما هو بالضبط، غير المؤكد ما يحتمل أن يكونوا عليه هؤلاء».

بارسفيل لويل ١٩٠٦

Parcivil Lowell[1].

في ٧ أغسطس ١٩٩٦ واجه الرئيس الأمريكي بيل كلينتون **Bill Clinton** الصحافة العالمية، معلنًا بعبارات درامية أن هيئة ناسا **NASA** لديها دليل على وجود حياة على المريخ. وكان بذلك يشير إلى اكتشاف حجر نيزكي من المريخ في قارة أنتاركتيكا **Antarctica** يحتوى على ما يمكن اعتباره علامات عن الحياة. واستطرد في قوله، مبديًا ملاحظة، مؤداها أنه إذا جاز لهذا الاكتشاف المذهل أن يصح، فإنه سيساعد في تنقية أو إعادة صياغة علاقة البشرية بالكون.

وإمكانية وجود حياة على المريخ تتميز بتاريخ طويل، وعلى مدى القرنين ١٧، ١٨ كان العلماء والفلاسفة وحتى رجال الدين يتبادلون الآراء بحرية حول سكان المريخ والزهرة والكائنات الفضائية الأخرى، ومع نهاية القرن الـ ١٩ أصبح الفلكيون متشككون فيما يتعلق بمشروعية الحياة على أى كواكب أخرى. ومع ذلك فقد قدم الفلكي الإيطالي جيوفاني شيباريللي **Giovanni Schiaparelli** تقريرًا عام ١٨٧٧ عن رؤيته لنموذج خطوط مستقيمة على سطح المريخ، مستخدمًا في التعبير عن هذه الخطوط ووصفها اللفظة الإيطالية «قنوات» **canali**. وسرعان ما أمسك بالفكرة في أمريكا كل من بارسفيل لويل **Percival Lowell**

وآخرون بدعوى أن قنوات شياباريللى هى من قبيل القنوات الاصـطناعية بفعـل سكان المريخ، حيث اعتقد لويل أن سكان المريخ، قد أقاموا هـذه القنـوات لـرى الأراضى العطشى باستخدام المياه الذائبة من القطب الـذى يعلوهـا مـن حيـث الارتفاع. وأنشأ معملاً فى فلاجستاف **Flagstaff** بأريزونا **Arizona**، بهدف رسـم خرائط لشبكة تلك القنوات. وقد يستتبع ذلك أن أيًا من ساكنى المريخ يكون متـسمًا بالذكاء قد يصيبه اليأس ويصبح مدفوعًا لبناء نظام رى هائل على هذا النحو، هـذا وفكرة الكوكب المحتضر، والعيون الحاسدة لساكن المريخ، فيما لو تمكن من رؤية عالمنا السعيد الأخضر، كان قد استحضرها بذكاء هــ.ج. ويلز **H.G. Wells** فـى روايته الشهيرة: «حرب الكواكب» التى كانت قد نشرت عام ١٨٩٨.

قليل من الفلكيين هم الذين تماشوا مع فكرة لويل عن قيام سكان المريخ ببناء قنوات الرى تلك، لكن سرعان ما تلاشت الفكرة تحت وطأة الملاحظات الداحـضة للعثور على الحياة فوق المريخ. ومع ذلك فقد بقى بعض العلماء مقتنعين بأن نوعًا بدائيًا من النبات، ربما نما هناك، ولو كان أحد أشكال «الأشنة» **lichen**، وأشـاروا فى هذا إلى بعض المتغيرات اللونية الفصلية كدليل على ذلك. وحتى هذه الإمكانية تم هجرانها بحلول ما يعرف بعصر الفضاء، فقد أُرسلت المسابر إلى هناك، والتى لم تعثر على أى علامات للحياة، دع عنك عدم العثور على أى قنوات.

وفى عام ١٩٧٧ وضعت هيئة ناسا الأمر على محك الاختبار المباشر فـى النهاية من خلال هبوط مركبتى فضاء باسم فايكنج **Viking** على سـطح المـريخ، وهما المركبتان المصممتان خصيصًا للبحث عن الحياة هناك. وعن هذه المرحلـة فقد كانت قلة من الناس هم الذين يأملون فى العثور، عما يزيد على الميكروبات فى تربة المريخ. وكانت المعلومات العائدة من مركبتى الفضاء قـد أكّـدت الجانـب المتشكك من الرأى، حيث فشلت اختبارات التربة فى العثور على أى دليـل مقنـع على وجود الميكروبات المريخية. وعلى عكس ما تمناه الكثيرون فقد أعلـن عـن المريخ، ككوكب قد وافته المنية.

وبعد عشرين سنة من رحلة مركبتي الفضاء، واستبعاد فكرة الحياة على المريخ، باعتبارها مجرد خيال علمي. أصبحت المكتشفات الجديدة باعثة للدهشة، ليس فقط فوق المريخ، ولكن هنا وعلى الأرض أيضًا. وهي المكتشفات التي صبغت الأمر بمزيد من التعقيد. ويظهر أن العلماء الآن قد أصبحوا، ولو قليلاً، متعجلين للكتابة عن المريخ كمقر للحياة.

مكان سيئ لقضاء إجازة:

ومن حيث النظر إلى المريخ فإن له مشهديّة ملحوظة، فهو يلمع أو يتلألأ في سماء الليل في تدرج لوني أحمر، وهو المشهد الذى تسبب في تسميته مارس Mars على اسم إله الحرب عند اليونان. كما كشفت التليسكوبات عن وجود قبعتين قُطبيتين، وأن قطعًا كبيرة من شكله تميل إلى قتامة اللون. وبين الحين والآخر، فثمة عواصف ترابية تغطي الكوكب كله. وتظهر الصور المقربة - عبر مركبات الفضاء - سطحًا تنتثر فوقه فوهات بركانية وحفر، كما تنتثر حَبَّات الفلفل فوق قرص البيض مثلاً، وتتخلله شقوق، عبارة عن أودية ضخمة وأخرى من النوع الضيق المتحدر الجوانب. وعلى أرض الكوكب، فثمة مناطق تشبه أكثر الأجزاء انعزالاً في الصحراء الأسترالية: حيث تتكور وتنتثر جلاميد الصخر بسبب من العوامل الجوية، وتتحول الرمال الدقيقة الحجم إلى كثبان رملية. وعلى الجملة فإن المشهد كله تغمره ضياء شمسية غير مركزة وضعيفة تحت سماء برتقالية اللون.

ومن وجهة نظر الحياة، فإن المريخ يقدم لنا كل الفرص المفهومة، بما لا يسمح بالحياة. فدرجة الحرارة على الدوام تحت نقطة التجمد، ويمكن أن تصل إلى - ١٤٠° درجة مئوية، ويشتمل المناخ العام بصفة رئيسية على ثاني أكسيد الكربون، ومجرد آثار قليلة للأكسجين والهيدروجين، بما يمثل مناخًا رقيقًا ومتفرقًا، وجديرًا بالرثاء. وضغط جو المريخ ٧,٥ ميللي بار لا يزيد على ما هو عليه في

كوكب الأرض بارتفاع ٣٥٠٠٠ متر، الذى نعتبره حدوذًا للفضاء. كما أنه ليست هناك طبقة أوزون للحماية، وعليه فإن السطح يعانى من الأشعة فوق البنفسجية المميتة القادمة من الشمس. وتتآكل التربة وتتحات تحت وطأة التأكسد وتصل من الجفاف ما يجعل بيداء الصحراء الكبرى، تبدو بالنسبة إليها وكأنها أرض سَبِخَة أو مستنقع. وفى الواقع لو أن كل محتوى المناخ المريخى من الأبخرة المائية قد تم تخزينه فى كوكب الأرض، فلسوف يغمر أو يخمد بوضوح الشمس ذاتها. والجفاف يجعل العواصف الرملية مخيفة بالفعل. حيث عندما تهب الريح فإنها تصل أحيانًا لسرعة ٦٥٠ كيلومترًا فى الساعة، وبالتالى يمكن أن ترتفع الأتربة إلى ٥٠ كيلومترًا. وعلى الجملة فإنه لا يتسنى اعتبار المريخ كمكان جيد أو لطيف يمكن الحياة عليه.

ويرجع السبب الجذرى وراء ظروف الكوكب غير المتجانسة إلى حجمه الصغير. إذ تبلغ كتلته نصف كتلة الأرض، وجاذبية سطحه البالغة ٣٨٪ فى حدودها القصوى، وكنتيجة لذلك فإن معظم مناخه يتسرب بعيدًا فى الفضاء، كما أن الضغط المنخفض يمنع المياه السائلة من التواجد على سطح الكوكب، حتى عند نقطة التجمد. حاول أن تصب فنجانًا من الشاى على سطح المريخ، وسوف تجده يتبخر على الفور. والمناخ الراهن المتخلخل يعنى أن تأثير الصوبة الحرارية يكون ضعيفًا. كما تتفاقم خطورة الجو البارد، بسبب بعد الكوكب عن الشمس، والذى يصل تقريبًا إلى ٢٢٨ مليون كيلومتر، أى أنه يبعد عنها بحوالى ما يعادل ٥٠٪ أكثر من بعد الأرض عن الشمس.

هذا وربما تظن أن البحث عن الحياة على مثل هذا الكوكب المعادى للحياة والسالب لقدرتها، هو مجرد مضيعة كاملة للوقت. ومع ذلك فإنه فى أواخر سبعينيات القرن الماضى، عندما خطط العلماء لمهمة المسبار فايكنج **Viking**، فقد كانوا يعلمون أن بعض أنواع الباكتيريا يمكن أن تقاوم البرد، كما فى مثل مناخ القطب الجنوبى **Antarctica**، ولهذا فقد نصحوا بنوع من التجارب التى ستجرى

عند هبوط المركبة تهدف للسعى إلى حياة ميكروبية فى التربة المريخية. ولذا فقد كانت الأذرع الروبوتية المتصلة بالمركبة الفضائية، مُعدّة لأن تصل للتربة وتحتفظ بقليل من الأوساخ بها وتعيدها إلى معامل مصغرة فى المركبة لتقوم هذه الأخيرة بتحليلها.

ولقد كانت الحصيلة هى ثلاث تجارب على كل واحدة من مركبتى المهمة. والأولى كانت مسماة «تجربة تغيرات الغاز»، والتى اشتملت على صب «حساء» مغذٍ على عينات التربة وتقصى انبعاث أى غازات. وقبل إضافة المغذيات كانت العينات قد تحولت إلى بخار ماء. ولدهشة العلماء، فإن هذه الخطوة المبدئية كانت تعنى استجابة نشطة وقوية مع كميات وافرة من الأكسجين الذى صدر عنها، ومعه بعض النيتروجين وثانى أكسيد الكربون، وأيضا تشابهت النتائج مع التربة المعرضة للشمس والمختفية خلف الصخور. وعندما سبق تسخين التربة إلى حد ١٤٥° درجة مئوية، والكافية لقتل أى ميكروبات أرضية معروفة، فقد بدا أن الأكسجين المنبعث قد تأثر بذلك. ومع ذلك فثمة شكوك أحاطت بإمكانية الاعتماد أو الوثوق فى هذه النتيجة. وعندما أضيف السائل المغذى فى النهاية، فقد كانت ثمة تغييرات معقدة غازية قد جرت، ولكن من دون نموذج انتظامى يمكن حسمه. وبالتأكيد لم تتصرف التربة المريخية على النحو المألوف فى التربة الأرضية. وبذلك أصبحت مهمة العلماء على درجة من الإرباك، حيث انتهوا إلى أن سطح المريخ لا بد أنه يحتوى على فعالية كيميائية عالية لدرجة أن إضافة الماء لها تأثير يجعل التربة تفور. وبالتالى فليست هناك حاجة لميكروبات تشرح لنا ما الذى يجرى، ولو أنه لكى نكون منصفين، فإن تجربة تغيرات الغاز لم تحسم الأمر بدورها. وفى أحسن الأحوال لا يمكن القول بأن النتائج فى جملتها كانت غامضة وملتبسة.

أما التجربة الثانية على القائمة فقد كانت تلك المسماة تجربة إطلاق «المعرفات» **labeled release**، وبدورها شملت صب أو إضافة سائل فيما يشبه

«الحساء» أو المخلوط للتربة، ولكنه نوع مختلف من الخليط. وبشكل حاسم فقد احتوى على كربون مخصب نشط إشعاعيًا، والغازات المنبعثة من المقصود أن يُختبر تعرضها لدرجات من النشاط الإشعاعى، حيث كان المفترض أن أى عضويات مريخية تتعامل مع الكربون وتطلق ثانى أكسيد الكربون، سوف تولد غازًا نشطًا إشعاعيًا، يمكن الكشف عنه بحساسية فائقة. وقد أعطت هذه التجربة نتيجة إيجابية. والأكثر من ذلك أنه عندما تم تسخين التربة بدرجة قوية تحولت النتيجة لتصبح سلبية، تمامًا كما كان متوقعًا لو أن الميكروبات كانت فى حالة عمل.

وفى التجربة الثالثة، والتى تمثلت فى عكس التجربة السالفة، فقد تم تعريض التربة لمناخ ثانى أكسيد الكربون المشع، مع إضافة مصدر لضوء قوى يماثل ضوء الشمس. وكان الغرض هو اكتشاف: هل سحبت العضويات المريخية أى كربون كجزء من عملية نموها، على نفس المتوال الذى تستخدم فيه المزروعات الأرضية ثانى أكسيد الكربون. وهذه بدورها أعطت نتيجة إيجابية فى مختلف مجرياتها. حيث إن تسخين التربة حتى درجة ١٧٠° مئوية، قد سبب نقصًا فى الاستجابة، ولكنه لم يلغها نهائيًا.

وباعتبار قيمة الأمر من ناحية أن التجارب الثلاث يمكن النظر إليها، باعتبارها تقدم على نحو ما على طريق الدليل على الحياة الميكروبية فى تربة المريخ. ولو أن علماء ناسا، كانوا بالكاد مجمعين على عكس هذه النتيجة. لقد كان سلوك عينات التربة معقدًا بدرجة كافية، وغير متوقع من حيث الإمساك مباشرة بأى تفكير أو تأمل بيولوجي، وعليه كان الرأى يميل بدرجة أكبر نحو أن التربة غير العادية، والتى ربما تحوى نوعًا من الأكسدة الشديدة، هى السبب فى ذلك – وكانت هذه النتيجة مدعومة بحقيقة أن مهمة مركبتى الفضاء فايكنج لم تعثر على أى أثر للعضوية فى تربة المريخ الغريبة، لأنه حتى ولو لم توجد حياة على سطح المريخ، فلا بد أن بعض المواد العضوية كانت قد وفدت إليه من الفضاء. ويبدو أن

هذا التفسير لم يكن صحيحًا مع حقيقة وجود الإشعاع العنيف للأشعة فوق البنفسجية والتربة المتأكسدة، اللتين من شأنهما أن تُحطّم أو تُمزّق أى جزيئات عضوية قد تتناثر فوق السطح.

وبأخذ النتيجتين معًا فإن تجارب المركبات الفضائية لم تتوصل إلى رأى قاطع فى وجود حياة، على المريخ، هذا والرأى الرسمى للمهمة: أن المريخ هو كوكب من دون حياة، وعلينا بالرغم من ذلك، أن نتذكر دومًا القول المأثور الذى يفيد بأن غياب الدليل ليس دليلاً على الغياب. حيث ثمة أسباب عديدة لاحتمال فشل المهمة فى تعقب أثر للحياة فوق المريخ، وكيف يختلف هذا عن القول بوضوح إنه لا يوجد أى أثر؟

ربما تكون التجارب قد اختبرت النوع الخطأ من الحياة. فلقد كانت مصممة على الاستجابة للعضويات الأرضية. حيث من المحتمل أن تكون الحياة المريخية قائمة على نوع مختلف من الكيمياء الحيوية، أو على نوع مختلف من درجات الحرارة. وربما كانت الظروف المحيطة بالمعمل المصغر على أى من المركبتين الفضائيتين، مريحة بالنسبة للميكروبات الأرضية، بينما تكون مهلكة بالنسبة للميكروبات المريخية.

- ربما لم تكن التجارب حساسة بدرجة كافية لرصد الحياة العضوية فى تربة المريخ، التى قد تكون منخفضة الكثافة نسبيًا (باعتبار أن الكثير البالغ مليون ميكروب في الجرام، قد لا يكون ملحوظًا).
- التربة الفوقية لسطح المريخ عقيمة أو غير مثمرة، ولكن يبقى أن الحياة قد توجد فى الأعماق بين شقوق الصخور، التى قد توفر لها الحياة من الظروف القاسية غير السائغة.
- قد تكون التجارب مناسبة، ولكنها لم تصادف الموقع المناسب، إذ ربما تكون الحياة موجودة على سطح المريخ فى جيوب مفضلة لها ولكن تبعد كثيرًا أو قليلاً عن موقع هبوط المركبتين.

• قد توجد الحياة على المريخ ولكن ليس على سطحه. وربما يوائم سكان مناسبين تحت قطب المريخ الشبيه بقبعة، أو فى أعماق تقع أسفل السطح – وهى إمكانية سوف أعود إليها باختصار فيما بعد.

وحتى لو لم تؤخذ هذه الاعتبارات فى الحسبان، فإن المريخ يمكنه أن يظل محل اهتمام رئيسى للبيولوجيين، وذلك لسبب بسيط: ذلك أن الكوكب الأحمر قد تبدو صورته جرداء قاحلة، ولكنه لم يكن دومًا أرضًا مجمدة مُضَيّعة. وثمة أدلة وافرة عن أن المريخ فى ماضيه البعيد كان دافئًا ورطبًا ومشابهًا للأرض. والأكثر من ذلك أنه كان ودود الضيافة للحياة. وسواء أكان أم لم يكن المريخ اليوم كوكبًا ميتًا، فثمة فرصة جيدة بأن الحياة قد ازدهرت هناك يومًا ما.

الفيضان:

من السهل عليك أن تقول إن المريخ كان يومًا، مناسبًا للحياة، وذلك بعد النظر إلى الصور التى التقطها ملاحو الفضاء ومسبارات المركبتين فايكنج. إذ ثمة ملمحٌ يقفز فورًا من تلك الصور التى مسحت جوانب من الكوكب: أودية الأنهار. حيث توجد بين الجبال المعقدة التشابك فوق أرضه، مساحات رمليّة تقطعها وتلتف حولها، ومحفورة بعمق بين التلال الرملية المتناثرة، بداية من حواف الحفر وفوهات البراكين. ومن السهل ملاحظتها، واعتبار أن مياهًا جارية هى التى حفرتها على هذا النحو. وهو ما يتكامل مع مسطحات أرضية متشجرة وأكثر من دلتا أنهار ومساحات أرضية غمرها الفيضان. ومجريات المياه هذه – إذا جازت لى الإضافة – لا تشبه قنوات لويل الشهيرة المستقيمة فى أطوالها، بل على العكس هى تتفرع وتلتوى متعرجة مثل الأنهار على كوكب الأرض، ومن الصعب نكران طبيعية سماتها عما لو أنها اصطناعية الطابع.

ومن المؤسف ولا يبعث على الارتياح، أنه لا توجد بقايا قيعان أنهار قديمة: لقد جفت منذ أمد بعيد. ولكن يمكننا أن نكون على ثقة بأن هذه الأودية كانت بالتأكيد نهرية، لأنها تحمل كل سمات الأنهار في الأرض مثل الطوفانات، وما يشبه جوانب التيارات المائية، والجزر التي تأخذ شكل دمعات العيون، حيث يرتد الغرين أو الطمي ليتخزّن مع تدفق التيار. إذن لا يوجد شك أن المياه قد فاضت بحريّة فوق سطح المريخ في وقت ما. ولكن من أين جاءت؟ وأين ذهبت؟ هل هذه المجاري النهرية القديمة قد فاضت على هذا النحو، بسبب من الأمطار أو الثلوج الذائبة، أو كان مصدرها ينابيع تحت أرضه أو صخورًا مغمورة؟ هل تحولت هذه الأنهار إلى بحار وبرك ومحيطات، أو أنها انسابت ببساطة لتضيع وسط الرمال؟ وفوق كل ذلك إلى أي حد من القدم تشكلت تلك الأودية النهرية؟

لقد قضى العلماء سنوات في تأمل ومسح الصور لاستخلاص المعلومات عن كل دقيقة زمن تفصيلاً، في محاولة شجاعة للإجابة عن مثل هذه الأسئلة. وحتى من خلال بحث سريع أو خاطف، فسرعان ما بدا واضحًا أن كثيرًا من القنوات الكبرى ليست في كثير من قيعان الأنهار كمساحات فيضانية تطوف مهتاجة كسيل جارف، متتبعة الانطلاق الفجائي لكميات ضخمة من المياه. وهذا الشكل يمدنا بالمفتاح. هذا الفيضان الجائح العنيف هو النموذج الذي ينشئ قناة، تبدأ بشكل فجائي ضخمة الحجم وعميقة، وكل ذلك مع قليل من القنوات ذات الجوانب. والنهر بالمقارنة يبدأ هزيلاً وينمو حجمه شيئًا فشيئًا، وكذلك عمقه مع زيادة ما ينساب إليه من الروافد الجانبية.

ونحن حين نصل إلى المستوى الرقمي، فإن المقياس الذي يمكن أن تقاس به الفيضانات المريخية تصبح مذهلة وصاعقة. والقنوات تتنوع بين عدّة عشرات من الكيلومترات عرضًا عبر الأراضي العالية إلى أحواض في الأراضي المتآكلة باتساع مئات الكيلومترات من الطرف إلى الطرف، وحيث تدفقت واشتد تيار المياه عبر مساحات السطح المفتوحة، وبالنسبة للمقدار الوافر من الفيضان عبر القنوات

الكبرى، فقد كان مستواها مذهلاً وغير عادى، ويكاد يكون معادلاً لما يقدر بـ ١٠٠٠٠ مرة من مياه نهر الأمازون **Amazon**. وأكبر فيضان جائح وعنيف معروف على الأرض والذى غمر نهر كولومبيا بولاية واشنجطون منذ ١٢٠٠٠ سنة مضت. فى تلك الفترة العَرَضيّة، فإن مقدار المياه التى تعادل بحيرة ميتشجان قد فاضت فى يومين اثنين فقط. والفيضانات المريخية كانت أكثر قوة وعنفًا عن ذلك بما يماثل ٣٠٠ مرة.

والسبب المباشر والفعلى لهذا الغمر الساحق بالمياه فوق المريخ لا يزال محل اختلاف. وهو بالتأكيد لا يرجع لحالة مَطَريّة غزيرة. وما يبدو أنه حدث: أن أحجامًا كبيرة من المياه كانت حبيسة على نحو ما قد تحررت فجأة، فيما يشبه السوائل التى يحجزها سد ثلجى ما وراءه، ثم ذاب هذا السد وانهار. وثمة إمكانية أخرى تتمثل فى انبثاق أو انفجار المياه الجوفية عبر جَمَد سرمدى كان يُحكم غلق الفتحات الموجودة على السطح، وذلك فى شكل نافورة ضخمة. ومثل هذا الهيجان أو الثوران يحدث عندما يثقب أو يخترق حجر نيزكى قشرة السطح، أو ذوبان بركانى، أو ببساطة، عندما يقوم ضغط هيدروستاتيكى **hydrastatic**. هذا وليست كل مجارى المياه الجافة على المريخ كارثية الفيضان كقنوات مائية. ففى الأراضى الأقدم بالمرتفعات الجنوبية للمريخ هناك ملامح عديدة تشبه كثيرًا النظم النهرية المألوفة، بما لها من أودية طويلة ضيقة وأخاديد رقيقة وتآكلٌ بطىء للأرض. وقاعات هذه الأنهار يبلغ طولها بضع عشرات الكيلومترات، كما تصل إلى ثلاثة كيلومترات عرضًا، ولها شبكة من الروافد شبيهة بتلك، التى على كوكب الأرض وتختلف الآراء حول كيف تشكلت هذه الشبكة من الأودية. كما أن الصورة البسيطة للمطر أو الثلج – الذى ينتج ماءً، ينهمر من أعلى التلال ويحتّ ببطء واديًا هناك – لا تتواءم جيدًا مع الحقائق. بالتأكيد هذا لا يمكن حدوثه الآن ببساطة، لأن الجداول الصغيرة، سرعان ما تتبخر أو تتجمد قبل أن تصب فى النهر الرئيسى. ولكن حتى لو تواءمت الظروف لوجود مياه سائلة، فإن أشكال الوديان لا تتطابق جيدًا مع النحات أو التآكل البادى.

وثمة عملية تجرى على كوكب الأرض تتسبب فى تشكيل الأودية، وهى تعرف بما تمدنا به المياه الجوفية. وهى ما يمكن أن نراه على مستوى صغير على الشواطئ الرملية، عندما يطفح من الرمال ينبوع صغير من الماء أو حتى فقاقيع مائية، وتفيض هذه المياه إلى البحر. وعندما تظهر هذه الحالة، فإن بعضًا من هذا التيار يعود أدراجه إلى الرمال، مقتطعًا ممرًا عريضًا – نسبيًا – فى قمة التيار، حيثما يذهب اتجاهه. وكثير من الأودية المريخية تبدو وكأنها تشكلت بهذه الطريقة.

ويعتقد ميشيل كار **Michael Carr**، من الهيئة الأمريكية للمسح الجيولوجى وأحد خبراء المياه المريخية، أن سوائل قليلة هى التى فاضت على سطح الكوكب، منشئة تلك الأودية، مشيرًا للأرض المسطحة والجوانب الشاهقة، والتى تميل بنا إلى اعتبارها غائرة شديدة الانحدار. ويعتقد كار أن معظم المياه المتسربة تحت الأرض تغور فيها وتستقر تحتها، مسببة تلفًا تدريجيًا أو انخسافًا لها أو حتى تضيع هناك، بأكثر من جرياتها فوق السطح، محملة بالمواد. وبتأثير الطبيعة الزلقة للتدفق الحادث فى الطبقة تحت السطحية يمكن أن تتزلق المواد والترسبات إلى أسفل التلال، منشئة أخدودًا مائيًا حتى فى غياب تآكل السطح. وهو يعتقد أيضًا أنه بدلاً من سقوط أمطار بشكل دورى، فإن نوعًا من الجيوكيمياء الأرضية يقوّى الاقتناع بأن ثمة دورة تعمل فى إعادة المياه للصخور المغمورة تحت الأرض. والصورة العامة للمياه فوق المريخ إذن، هى التشكل البطىء للأودية عن طريق تدفق مستقر فوق السطح أو فى التربة تحت السطحية، فضلاً عن الفرص المفاجئة للفيضانات المأساوية.

عندما كنت فى طور المراهقة، كنت مولعًا بالاستمتاع بالمناقشات التى أجريها مع اليهود المنتسبين لجماعة «شهود يهوه»(*) **Jehvah's Witnesses**، حيث كان سؤالى الأثير لهم يتعلق بفيضان نوح (عليه السلام): أين ذهبت كل تلك المياه؟

(*) فئة من اليهود تتلخص مهمتها فى الدعوة للدين اليهودى وشرح تعاليمه بشكل سلمى فى كل مكان وكل وقت فيما يمكن تشبيهه بالجماعة المسلمة التى تحمل اسم: التبليغ والدعوة. (المترجم).

ونستطيع إذن أن نوجه السؤال نفسه عن الفيضانات المريخية. والإجابـة البـسيطة السهلة ستكون: ذهبت داخل الأرض. ومثل كوكبى الأرض والقمـر فقـد عـانى كوكب المريخ من القصف الكونى الكثيف خلال الـ ٧٠٠ مليون سنة الأولى مـن نشأته. وهذا الاضطراب العنيف حرك بقوة (يمكن استخدام تعبيـر «مخمـض»)، باطن الأرض فى هذه الكواكب، بما أخرج منها العديد من المواد، وبحيث تَغَطَّـى سطح الكوكب كله بقطع كسر الحجارة غير المصقولة أو محددة الـشكل، والتـى تعرف باسم **regolith** (وهى للكتل المتبقية بعد إنجاز صهر المعادن). وحتى عمق يصل لعدة كيلومترات. ولأن كوكب المريخ أصغر من كوكب الأرض، فإنه ينقصه القلب المنصهر الكبير (كما فى الأرض)، الذى يمكن أن يدفع النـشاط التـاكتونى **tectonic** (المتعلق بتشوه أديم الأرض والأشكال الناشئة عن ذلك) ليأخـذ مجـراه، وعليه فإن هذا السطح المتشظى لم يُعَدْ تشكله على نحو كامل. وعليه بقيـت هـذه الشظايا المتخلفة عن القصف الكونى فى شكل شبه إسفنجى، بحيث يحجز كميـات ضخمة من السوائل. وهكذا بالرغم من حقيقة أن سـطح المـريخ الحـالى يتميـز بالجفاف البالغ، فإن المريخ قد يظل محتفظًا بمياه منتشرة فى مجال واسع، ولكنهـا مختفية تحت السطح فى شكل جلاميد على عمـق عـدة كيلـومترات، كـسوائل محصورة. والتقديرات فى هذا المجال تتنوع، ولكن يبدو أن تلك المياه المحـصورة لو تحررت ووُجِّهت إلى السطح دفعة واحدة، فسوف تصنع محيطًا كوكبيًا عريضًا بعمق يصل إلى كيلومتر واحد على الأقل.

ويعتقد مراقبو المريخ أن الكوكب الأحمر كان يتمتع، فـى أحـد الأوقـات، ببحار وبرك على الرغم من سطحه ذى الطبيعة الإسفنجية (أو التـى تنفـذ منـه المياه). وتحدها آثار ترسبات البحيرات طبقة فوق طبقة وثخينة القوام، وتوجد فـى أودية ضيقة وعميقة، بينما المظهر المنقط أو المرقش لبعض المساحات الأرضـية المنخفضة فى شمال الكوكب، ينحو بنا للميل إلى التفكير فى هذا الوضـع بـشكل واسع. والأدلة على بحر كبير بدورها، تعتبر مسألة أكثر خلافية. ولكن تخـوم أو

حدود محيط ممكن، يسهل تعقبها حول مساحات الأرض الشمالية هناك، حيث يتوقع فيضانًا مائيًا من القنوات التى نفثتها فوهات البراكين وحفر التصادمات الكونية فى الأراضى العليا فى الأيام الصافية أو معتدلة الجو. وخط الشاطئ المظنون يشتمل على منحدرات صخرية متآكلة، ومصاطب أشبه بتلك المحاذية للأنهار وأشكال قَرنيّة مستدقة الأطراف. ربما يقترح إله الإقيانوس الملقب بـ: «بوراليس» Oceanus Borealis علينا، أن هذا المحيط المُتَصوَّر، ربما كان يغطى ما مقداره ثلث الكوكب.

والذى يتتام مع الدليل على ذلك المحيط، هو وجود علامات قوية على أن نصف الكرة الجنوبى للكوكب قد خضع لعملية تجمد ثلجى واسعة. واليوم يوجد فى المريخ قطب شمالى رفيع من المياه الثلجية، مخلوطًا بقطع ثلجية جَافّة (ثانى أكسيد كربون متجمد)، وقطب جنوبى حقيقى يسوده الثلج الجاف. ويتناقص هذا الثلج مع الفصول، حتى إن الطبقة الرفيعة تلك فى القطب الشمالى تختفى بالكامل، ولكن منذ مدة طويلة ماضية، فقد امتدت طبقة الماء المثلج من القطب الجنوبى إلى نطاق يصل إلى خط العرض ٣٣. ومصدر كل هذا الثلج ربما كان من تبخر الإقيانوس المشار إليه.

وعبر الدهور، فقد جف كوكب المريخ تدريجيًا، بسبب تبخر المياه وضياع هذا البخار فى الفضاء نتيجة انخفاض جاذبية الكوكب. ومن المعروف عالميًّا أن كمية من المياه معادلة لتلك وبعمق ٧٠ مترًا، يمكن أن تختفى بهذه الطريقة. والأكثر خطورة من ذلك هو البرد، حيث تنخفض درجة الحرارة، فتصبح الظروف أكثر ملاءمة للماء السائل، وتصبح معظم الأنهار المريخية، مندمجة مع الجلاميد دائمة التجمد. والبحيرات القديمة المتفرعة من البحار، ربما تكون فوقها طبقة عالية متجمدة وصلبة وتكون بقاياها لا تزال هناك، ومنعزلة تحت طبقات من الأتربة والصخور.

وبينما ينقسم العلماء حول تفاصيل نشأة المياه على المريخ، إلا أنهم يوافقون على أن معظم الأنشطة الهيدروليكية (المتعلقة بحركة المياه)، قد وقعت منذ وقت

طويل جدًا في الماضي، وإذا كان هناك نهر رائق تلوى هنا أو هنـــاك، أو محـــيط متلاطم، فربما قد جفا منذ على الأقل ٣,٥ بليون سنة مضت. ومع ذلك فإن تعاقب الجو أو المناخ لم يسر في طريق مستقيم ذي اتجاه واحد، إذ ربمـــا أن الانخفـــاض البطيء قد زَوّد المناخ بجو دافئ على فترات، بحيث تجري المياه بحريـــة مـــرة أخرى، والدليل على ذلك أتى من حقيقة أن بعض الأودية المريخية قد تشكلت فـــي وقت متأخر تمامًا. وأيضًا بعض القنوات المتدفقة الكبيرة قد انقطعت عدة مـــرات، بما يشير إلى نتيجة التدفق الفيضاني على فترات. وكل هذا يشير إلى أن المريخ قد عاد، وربما باختصار أو بدرجات قليلة، إلى الدفء والرطوبة لأسباب ما. وحينئـــذ ربما كانت هناك دورات ثرية للمياه، عبر أرض المريخ في ضوء تلك الظـــروف المناخية[٢]، ولكن مع كل دورة للفيضانات وللتجلد اختفت مياه أكثر. ولو أن بعض الأنهار على المريخ، ربما قد جرت مؤخرًا منذ مئات الملايين من الـــسنين، فقـــد كانت ضعيفة بالمقارنة مع الفيضانات القديمة، وربما لذلك كان لها أثر ضئيل على المناخ المريخي.

أثـــر الدفيئة[*] المريخية:

الأنهار المريخية تعطينا دليلاً وأضح المعالم على أن الكوكب كان في وقـــت ما، أكثر دفئًا وترطيبًا. ولكن كيف كان ذلك ممكنًا؟ للوهلة الأولى ثمة سبب جيـــد للاعتقاد بأن المريخ كان في الماضي أكثر برودةً، مما هو عليه الآن، وهـــذا لـــه علاقة بما يسمى بمشكلة الشمس الوليدة المعتمة. باعتبار أن الشمس مرت بمراحل نمو، لتصبح على نحو ما هي عليه الآن، أي أكثر بريقًا مما كانت، بسبب تغيـــرات كيميائية جرت فيها. فمنذ أربعة بلايين سنة، كانت أقل من بريقها الحالي بما يعادل

(*) في الأصل هو البيت الزجاجي المخصص لزراعة النباتات الرُخصة أو لوقايتها، ولكن يقصد بها على نحو عام كل البيئات التي تحيط (عن طريق حفظ درجة الحرارة) وتحمي ما فيها من عضويات حية من أغلب المؤثرات الخارجية، وهنا يقصد بالمصطلح: المناخ الحراري المحيط بالمريخ (المترجم).

٣٠٪، وبالتالى أثر هذا التغيّر المتطرف على المريخ المتنائى عنها. والوضع إزاء ذلك هو أن الدفء الحرارى للأرض من جراء النشاط الإشعاعى والحرارة المخزنة، قد أثّر فى تشكل الكوكب، واللذين كليهما كانا أكثر ارتفاعا فى الماضى. ومع ذلك فإن الدفء الحرارى الأرضى المتدفق وحده لم يكن ليتكافأ مع الشمس «المعتمة»، كما أن أسبابًا أخرى لا بد أنها تواجدت لإحداث مناخ أكثر اعتدالاً.

ويعد استخدام أثر الدفيئة من أسهل الطرق لجعل كوكب أكثر دفئًا. لأن غازات الدفيئة، مثل ثانى أكسيد الكربون، تعمل كغطاء (أو بطانية)، حاصرة حرارة الشمس قرب سطح الكوكب. واليوم فإن الجو المريخى أرفع فى طبقته لدرجة لا يُنتج معها دفء كافٍ من الدفيئة، ولكنه بالتأكيد كان أكثر ثخانة خلال البليون سنة الأولى. وكما هو الحال مع كوكب الأرض، فقد تطلب المريخ فى بداياته جوًا مكثفًا، بسبب ما يصدر عن الكوكب من غازات وما يأتيه من عناصر متطايرة من المذنبات، كما ساعد الوفير من CO_2(*) على رفع درجة الحرارة.

ولو أن العلماء يخمنون أن المريخ، لا بد، كان فيه الوفير من CO_2 فى الماضى، إلا أن تصور شكل له، ليس من الأمور اليسيرة. والأكثر قربًا للأمر أن الكثير منه ضاع فى الفضاء بسبب التصادمات الكونية العنيفة. وكما أوضحت فى الفصل السادس، فإن تصادمًا يقع للكوكب من المذنبات الكبيرة يتسبب فى إحداث تحات أو تآكل فى الأرض من جراء التصادم، فضلاً عن تعرية الجو وكشفه. وفى حالة المريخ، فإن النتيجة النهائية كانت تلك الطبقة الرفيعة من الهواء، ولكن أثناء فترة الوابل الكثيف من المتصادمات ذاتها، فلا بد أن حفظ الجو قد تقلب بشكل واسع. وتصل التقديرات فى هذا إلى أن المريخ فقد من جراء التصادمات ما يساوى ٩٩٪ من غلافه الجوى، وأن ٩٠٪ مما تبقى بعد ذلك، يرجع إلى عمليات متنوعة. وإذا كانت هذه الأرقام صحيحة، فإنها تقضى بأن المريخ فى بعض

(*) إختصار ثانى أكسيد الكربون CO_2 = Carbon di obde (المترجم)

الأوقات كان لديه ضغط جوى أكثر ألف مرة مما لديه الآن، وبما يكفى لرفع درجة الحرارة فوق درجة التجمد وما يدعم وجود محيط وافر.

وليست هناك شكوك كثيرة بأن المريخ كان فيه جو أكثر ثخانة بسبب الحوائط الناجمة عن الحُفَر التى أحدثتها التصادمات الكونية والتى تأثرت كثيرًا وتحدرت بفعل تلك العوامل. وتلك الحفر التى تقل أقطارها عن ١٥ كيلومترًا من الطرف للطرف، قد صارت عدمًا تمامًا ومحقت بالكامل. وبالمقارنة فإن الحفر التى وقعت فى وقت متأخرًا، كان من الصعب تآكلها بالكامل. ويرى الباحثون فى هذا الشأن أن تأريخ التغيير بتحول الجو دراماتيكيًا إلى طبقة رفيعة لم يقع فى زمن يبعد كثيرًا عن نهاية وابل التصادمات الكونية أى منذ ٣,٨ بليون سنة مضت. ومعظم الفيضانات الكارثية يبدو أنها وقعت فى مثل هذه الفترة، لأن معظم القنوات الفرعية تبدو مزدانة بكثير من فوهات أو حفر محفوظة جيدًا وصغيرة. إنه النقص فى التآكل أو التحات طوال معظم تاريخ المريخ، هو الذى حفظ وأبقى على مجارى المياه تمامًا وبحالتها البكر. بينما على كوكب الأرض فلا يوجد أى واد نهرى، يمكنه أن يبقى لبلايين السنين.

وبمجرد أفول فترة وابل التصادمات الكونية، فقد ظل ثانى أكسيد الكربون فى المريخ يتسرب إلى الفضاء لأسباب متنوعة، وإذا كان بعضه قد هرب إلى الفضاء، وبعض آخر ذاب فى المياه وأصبح مُذَوبًا فى الصخور المائية الصغيرة المتناثرة، والبعض الأكثر من هذين ربما اندمج مع الكربونات **carbonates** أو المعادن الأخرى فى الصخور. ومن دون بعض العمليات التعويضية، فربما أن ثانى أكسيد الكربون، قد اُختصر أو تناقص إلى شكل أقصر. ومن المحتمل أن تسخين الحرارة الأرضية قد حفظ هذه العمليات وأعاد ثانى أكسيد الكربون إلى للجو. كما ربما حدثت فى غضون عدة مئات الملايين من السنوات ضغوط جوية عالية ومعتدلة فى آن معًا، وتشاركت مع تأثير الدفيئة. ومع ذلك ففى النهاية، فقد خبَت حرارة الأرض. وفشلت دورة ثانى أكسيد الكربون، وبدأ الضغط الجوى فى التلاشى، وخلّف كل ذلك الصحراء المتجمدة الجافة، التى نراها فى المريخ اليوم.

وحقيقة أن بعض الأودية النهرية تبدو وكأنها قد انقطعت في زمن قريب نسبيًا، تشير إلى بعض عصور كانت دافئة بالمصادفة. فإن من الممكن أن نجد تفسيرًا له فيما نسترجعه من عمليات. فلو كان صحيحا أن الحرارة الأرضية المحلية أو الانفجارات البركانية قد أطلقت فجأة كميات كبيرة من الماء إلى السطح، فلا بد أن كثيرًا من ثاني أكسيد الكربون قد انطلق بدوره معها. ربما ترفع هذه الدورة... درجة الحرارة وتذيب مياهًا أكثر، وتُحَرِّر المزيد من ثاني أكسيد الكربون. وعندما تُغرِق المياه الذائبة الأراضي المنخفضة المتجمدة، فإنها ستدفئ الحجارة الصغيرة المتناثرة، مثمرة أو مطلقة المزيد منه، وعلى الجملة، فإن كمية كافية من ثاني أكسيد الكربون ستُحَرَّر من الكوكب في حالة تصعيد لهذا الشكل بما يكفي لجو أكثر كثافة مؤقت، مكونًا لأثر الدفيئة.

وثمة ورقة أو عنصر آخر متعلق بحركة الكوكب. فالمريخ له مدار غير متراكز وشاذ وله قمران، ولكنهما أصغر من أن يوازيا حركته المغزلية. ولا بد إذن من أوقات مفضلة للجمع بين الحركة المغزلية ومداره الشاذ، وتؤدي إلى دفء شمسي ساحر. ويصبح العمود الذي تدور حوله الحركة المغزلية دقيق الطرف، بانضباط يكفي ليتلقى القطبين في الكوكب المزيد من حرارة الشمس بأكثر مما تتلقاه المناطق الاستوائية. وهذا قد يذيب القطبين ويتسبب بالتالي في هروب أثر الدفيئة، وبالتوازي، فإن عصورًا متكررة من تشكلات المحيطات والجلاميد الثلجية تخلفها أوقات هامدة أو لا نشاط فيها، يبدو تصورًا أقرب من البرودة غير المفاجئة.

ومن وجهة نظر الحياة، فإن حقيقة أن المريخ كان دافئًا ورطبًا فيما بين ٣,٥ و٣,٨ بليون سنة ماضية، هي حقيقة مفهومة جيدًا، لأنها تعني أن المريخ يتشابه مع كوكب الأرض في الوقت الذي كانت الحياة فيه قائمة هنا. وهذا ما جعل بعض العلماء ينتهون إلى نتيجة، مؤداها أن المريخ كان، لا بد صالحًا، لكونه مستقرًا للحياة في مثل ذلك الوقت أيضًا. ومع ذلك، فإنه من ناحية الكوكب ذاته فإن وجود الماء عليه هو جزء من القصة. والذي جعله صالحًا للحياة بدرجة جيدة أن هناك أيضًا براكين إلى جوار وجود المياه.

الجبل المريخى الشمسى أوليمبوس مونز Olympus Mons يبلـغ ارتفـاع جزئه الرئيسى ٢٧ كيلومترًا، وتبلغ مساحته من الطرف للطرف ٥٥٠ كيلـومترًا، مما يجعل منه – من حيث المقاييس – أكبر جبل فى النظام الشمسى كله، ويعـادل تكوم سبعة من جبل إفرست Mount Everest على الأرض. ومقتضى معنى هـذا الجبل لا يكمن فى حجمه، وإنما فى أنه عبارة عن بركان. وعندما تتواجد البراكين والمياه، فإن النتيجة تصبح فى وجود ينابيع دافئة، ومثل هذه النظم عـن الحـرارة الهيدروليكية على الأرض، ربما كانت تلعب دور المصنف لأول عضويات حيوية. فهل ازدهرت الحياة أيضًا على المريخ منذ ٣,٨ بليون سنة مـضت؟ ربمـا علـى منحدرات بعض الينابيع فى أوليمبوس مونز، أو ربما عميقًا فى الصخور المسامية أو الإسفنجية الشكل المُنفِذَة للمياه تحت بحر مريخى اختفى منذ مدة طويلة.

وعلى مدى أربعة بليونات من السنوات ظل المريخ متوهجًا ومتقدًا، بـسبب الحرارة الصادرة عن تشكله. والنشاط الإشعاعى يدفئ القـشرة الأرضـية فيـه. والصدامات الكونية أذابت هذا السطح. وعندما ناضل الكوكب لتجريد نفسه من تلك الحرارة البدائية. فقد فاض بالحمم البركانية Lava بكميات كبيرة وعلى مدى واسع للغاية، مُنشِئًا مساحات أرضية هائلة من صخور ذائبة، مثلها مثل ما نعرفـه عـن ماريا القمر Maria of the moon(*). وحالما شرعت القشرة الأرضية فى البـرود التدريجى هبطت أو تلاشت هذه البراكين بشكل مطرد، وفى هـذا الوقـت توقـف تقريبًا. وابل القذائف المريخية والصـدامات، وأصـبح مـوزعًا علـى منـاطق ثلاث كبيـرة، أطلـق عـليها مـسميـات: ثارســيس وإيــليزيوم وهــيلاس

(*) اسم الماريعتقد أنه ؟؟ على سطح القمر (المترجم).

Tharsis, Elysium, Hellas(*)، هكذا على التوالى، وإذا كانت ثمة بــراكين حيــة على المريخ اليوم، فهى لا تبدى أى علامات على النشاط(٣). ومع ذلك فإن تــاريخ المريخ يشمل ظاهرة التآكل أو التحات: وعلى سبيل المثال ما نلحظه حــول جبــل أوليمبس مونز والذى يشير إلى الــ ١,٥ بليون سنة الأخيــرة، ومنــذ الــــ ٥٠٠ مليون سنة الأخيرة هناك مثلها قريبًا من ألبا بترا Alba Petera(**). وعلــى ذلــك فالأقرب هو أن المريخ لا يعد نشطًا بركانيًا منذ ٤ بلايين سنة، وهو ما يعد قريبًــا نسبيًا، ويبدو أنه من المعقول التوصل لنتيجة أن بعض المناطق لا تزال دافئة، ومن المحتمل أن تكون هذه المناطق فى العمق تحت الأرض.

لابد أنه فى ذلك الماضى البعيد، كانت هناك فرصة واسعة لتكــوُّن ينــابيع دافئة أو ساخنة حول فوهات البراكين الحارة، كمــصادر للميــاه الــوفيرة علــى الكوكب. وثمة دليل واضح على تفاعل المياه والبراكين أظهرته الصور التــى تــم مسحها. وكثير من الفيضانات يبدو أنها جاءت من ذوبان الجلاميد والقشرة الثلجيــة على أرض المريخ، وبعض مجارى الأنهار، يبدو أنها ظهرت من تحت فيــضانات مكونات البراكين. وتدفقت القنوات متناثرة حول البراكين الأكثر علوًا من منطقــة «ثاليث». وفى أماكن أخرى، فإن شبكة القنوات الكثيفة زيّنت خاصــرة البــراكين. وثمة تلال مسطحة القمة، فيما يشبه مائدة جبلية فى أيــسلاندا حيــث تــسبخت أو ترسبت مكونات البراكين تحت الثلج. والسمات نفسها حملتهــا بعــض الــتلال أو المرتفعات فى منطقة «إليزيوم» على المريخ والتى تُظهر علامات من خليط بــين مكونات البراكين والثلج. وكل هذا يضيف إلــى الــدليل الظرفــى بوجــود نظــم هيدروليكية حرارية على المريخ القديم، إلا أنه لم يظهر بعد دليل واضح أو ســهل على وجود مخزونات معدنية تستدل عليها المجسات.

(* + **) اسماء مواقع بركانية ومناطق فوق سطح المريخ (المترجم).

وفى انتظار مهمة جديدة لمارس فقد قام علماء ناسا، بوضع علامات مميزة على مناطق في سطح المريخ يحتمل وقوع نشاط هيدروليكى فيها. ويبدو أن جانب بركان هادريكا بلاديرا(*) **Hadrica Pladera** من بين الأماكن المناسبة. حيث وُجدت هناك شبكة من أودية أنهار، فاضت من مجرى أو مجار من مرجل **caldera** قديم، تقطعها قناة فيضان لها مشهد جليل تظهر فجأة لتقطع المنحدر. وثمة بركان آخر يسمى أبوليناريس باتيرا(**) **Apollinaris Patera**، له ملامح المظهر القديم لرقعة مضيئة بالقرب من حافة المرجل، والذى يمكن أن يكون ينبوعًا دافئًا لتخزين المعادن. كما أن هناك بركانًا مشابهًا فى منطقة الحفرات العالية، يعرف باسم تيرا سيميريا(***) **Terra Cimmeria**. وله منحدرات متآكلة بشدة وتتموضع كبداية لمجرى مائى كبير.

وكثير من أودية الأنهار على المريخ حدثت فى مناطق مشوشة، حين تطفلت أجرام صخرية كبيرة تمركزت على مواقع متشابكة كبيرة أيضًا. وهذه الطبوغرجرافيا من المظنون أنها تشكلت عندما تطفلت الصخور المنصهرة على الأرض الثلجية. وعندما ذاب الثلج، فاضت المياه مُسَبِّبة انهيارات عشوائية، ومثل هذه الأماكن تسمح بوجود مواقع أولية لمسطحات ضحلة، يبرز فيها النشاط الهيدروليكى.

إذا كانت الحياة قد اتخذت إقامة لها فى الينابيع الحارة أو الدافئة لكانت قد خلفت آثارًا إحفورية لها. والإحفوريات المريخية كان من الأقرب بالنسبة إليها أن تقاوم بأكثر من مثيلاتها فى كوكب الأرض بسبب النقص فى الأجواء على المريخ. والمهام المريخية المقبلة(****) يمكنها أن تسعى إلى ما يشبه أو يقترب شبهه

(*) اسم موقع بركانى فوق سطح المريخ (المترجم).

(** + ***) جميعا هى اسماء مواقع بركانية فوق سطح المريخ (المترجم).

(****) يلاحظ أن الكتاب، بعنوانه الحالى "أصل الحياة" قد نشر عام ٢٠٠٣ وسبق نشره عام ١٩٩٨ تحت عنوان: المعجزة الخامسة" ولكن الطبعة الحالية فريدة ومنقحة. (المترجم).

للعيّنات، لتعود بها إلى كوكب الأرض. أما المواقع الأحفورية الأخرى والمتضمنة لأودية الأنهار، حيث ربما ذابت العضويات المريخية فى الأحواض الراكدة وفى الصدوع الكبيرة للأودية. وأودية مارميريس(*) Valles Marmeris، حيث كانت الطبقة العميقة مكشوفة. وقيعان البحيرات الجافة، حيث تستطيع الميكروبات أن تصبح مخزونة فى رسوبات المياه بها، كل هذا هو أيضًا محل الاهتمام، والفوهة المعروفة باسم جوزيف Gusev (اسم لفوهة بركان مريخى)، تبدو مرشحة وواعدة بهذا، لأن نهرًا كبيرًا سبق أن فاض فيها مرة من المرات. لقد كانت هناك بحيرة عميقة منذ فترة طويلة، وبها الكثير من الترسبات فى قاعدتها.

وأول خطوة صغيرة لتتبع هذه النقاط المشار إليها كانت فى يوليو منذ عام ١٩٧٧، عندما توجهت، وهبطت بنجاح باثفيندر Pathfinrder(*) على المريخ منذ الفايكنج Viking(**) وبواسطة مركبة الفضاء سوجورنر Sojourner(***)، فقد أطلقت الباثفيندر معلومات ثرية من فم منطقة فيضان أريز فاليس Ares Vallis (موقع مريخى). والمنطقة الأرضية القريبة من المركبة الفضائية كان ينتثر عليها ما يشبه الأكياس الحافظة من الصخور المرتدة إلى الوراء بفعل السيول. وهذا الحطام، ربما يشتمل على شرائح من أنظمة متطرفة الحرارة أو حتى أحفوريات من الميكروبات التى كانت عميقة تحت السطح، وتسبب الفيضان فى بروزها على السطح وارتحلت فى المجرى المائى. وللأسف لم تكن الباثفيندر لديها القدرة على كشف وملاحظة مثل هذه الحدوس.

وفى سبتمبر ١٩٩٧ أرسلت ناسا ما يسمى بالمساح العالمى Global Surveyor إلى مدار المريخ، فرسم بصفة عامة خريطة لسطح المريخ بمقياس

(**) اسم الموقع المرخى (المترجم)

(*، **، ***) والمعنى الحرفى ذو الدلالة لهذه المُسميات على التوالى هو: Pathfinder= طريق للعدسة الإضافية الصغيرة والعريضة (الموضوعة إلى جوار العدسة الأصلية) لتوضيح أكثر للصورة المطلوبة، Viking- وهو الاسم الذى أُطلق على المحاربين القدامى من غزاة شمال أوروبا ويعنى "الفاتحين" بصفة عامة، Sojourner= المقيم إقامة مؤقتة. (المترجم).

مترى بالغ الدقة. وأعقبتها بنجاح مركبة أوديسا (بمعنى: التجوال الطويل: المترجم) المريخ Mars Odyssey، والتى ارتحلت لنفس المدار. ومزيد من المجسات سـواء هبوطًا على السطح أو دائرة فى المدار، تم التخطيط لهـا بمعرفـة هيئـة ناسـا، والنظيرة لها فى اليابان المعروفة باسم إيسا ESA، وروسـيا. وهـى مـشروعات تتضمن الحصول على عينات تعود بها تلك المهام للأرض، ومقدر لها أن تـستمر حتى نهاية العقد. ولو أن هذه المهام موجهة أساسًا أو بدرجة كبيـرة، لفهـم جـو وطبوغرافيا كوكب المريخ، فإن كل النتائج سوف تثمر لنا مفاتيح متفحصة للحيـاة فى ماضى الزمان(٤).

هل لا تزال هناك حياة على المريخ؟

إذا كانت الحياة قد وجدت بالفعل على ظهر المريخ منذ ٣,٨ بليـون سـنة مضت، فربما عانت من مواجهة سباق يائس مع الزمن. لأن التصادمات الكونيـة الهائلة لم تحصر المناخ فقط تدريجيًا، وإنما أيضًا أفسدته، وأجدبت الأرض هنـاك. وما دام تم غمر المناخ وتجمدت المياه، أصبح السكان المناسبون لهـذه الظـروف أندر وأندر. وعبر عدة مئات ملايين السنين، فالأقرب أن الباقى مـنهم قـد تـسلل راجعًا إلى شقوق معينة فى الصخور المغمورة تحت البرك المنعزلة المحمية بطبقة ثلجية على سطحها، أو أى مواقع تحت سطح الأرض.

ومن المفهوم أن الحياة ظلت متماسكة أو ملتصقة فى أماكنها حتـى اليـوم. وكإدراك متأخر، فإن المواقع التى اُختيرت لمهمة فايكنج والتى تم اختيارها بـصفة أساسية لحسن الهبوط وسهولته، تبدو وكأنها أبعد ما يمكن عن مواقع تواجد الحياة. لقد أُرسلت فايكنج قبل أن يُقدّر البيولوجيون فهم أهميـة الينـابيع الحـارة. ومـن المؤسف أن معظم الأنظمة الهيدروليكية فوق المريخ تبدو فى هذه الآونـة هامـدة ومنطفئة أو حتى منقرضة.

ومع ذلك، فسيكون من الخطأ إهمال المريخ كموطن لحياة ممتدة، فالبراكين التي تثور فجأة، وفوهاتها الواسعة ربما تبدو على أنها شيء من الماضـــي، ولكــن النظم الحرارية الأرضية، ربما لا تزال قائمة فى الأعماق تحت السطح. ولــو أن الجلاميد تمتد إلى أسفل لعدة كيلومترات، فإن المياه السائلة المنسابة والتى قد تكون ملحية المذاق، تبقى بكميات وافرة أسفل هذه الجلاميد. ونحن نعلم هنا، على كوكب الأرض، أن الدائرة الحيوية تمتد عميقًا فى القشرة الأرضـــية، وإذا اســتطاعت أن تسكن وهى راضية فى مثل هذا الظرف، فلا بد أن تستطيع ذلك أيضًا فى المريخ. ولو أن المريخ ربما يفتقد المداخن السوداء قرينة الشكل التى نراهــا فـــى أعمـــاق محيطاتنا، فليس ثمة سبب لكى لا تتكيف الميكروبات المريخية عبر الــزمن مـــع ظروف ذلك الكوكب. وعلى الأرض قامت الباكتيريا والأرشــيا بغـــزو مواقعهـــا الخشنة وازدهرت ونمت فى أماكن، يمكن بالمقارنة، أن تصبح المواقع المريخيـــة تحت الجلاميد تعتبر، بالنسبة لها، لطيفة ومعتدلة.

ولو أن هناك حياة على المريخ، فربما تشبه النظم البيئية لتغذية الميكروبات المسماه **Slim**، تلك التى عثر عليها فى الأرض داخل طبقة الصخور العميقة تحت الأرض، مدعومة بنوعيات الباكتيريا العاشقة للمـــواد الكيميائيـــة (انظـــر الفـــصل السابع)[٥]. وتذكر أن أولئك العائشين على المواد الكيماوية هم بالأساس منتجـــون: فهم بغير حاجة للضوء ولا للطعام العضوى ولا للأكسجين، ويقوم غـــذاؤهم علـــى الكيماويات غير العضوية المتوافرة فى هذا العمق، مثـــل الهيـــدروجين وكبريتيـــد الهيدروجين والتى تصل عموديًا إلى القشرة الأرضية بواســـطة تيـــارات الحمـــل المائية. كما أن عمليات التمثيل الغذائى القديمة ستكون مناسبة للظروف الجارية فى المريخ أو السائدة فيه، حيث الكبريت والحديد المخزونين فيـــه يمكـــن أن يمـــداها بالكيماويات الضرورية. وعضويات مثل الحلقيات الميثانية التى تحوّل الهيدروجين، وثانى أكسيد الكربون إلى الميثان، ربما تشعر وكأنها فى موقعها المناســـب تحـــت سطح كوكب المريخ[٦].

كيف يمكن تذوق أو استطعام مثل هذا الحدس؟ فالعثور على ميكروبات حية تحت تلك الجلاميد، ربما يشبه المصيدة لأى بعثة يقوم بها رجال، ولكن المسح الذى يقوم به قمر صناعي سوف يجسّ - على نحو غير مقصود - علامات حياة تحت السطح، مثل انتثار أو تفشى غاز الميثان فى المناخ المريخى. ومع ذلك، فالأمل فى نجاة عضويات مريخية ينعقد فيما لو أنها قاومت أو ناضلت من أجل الحياة فى أماكن محلية فوق أو بالقرب من السطح. وعلى سبيل المثال فإن صدامًا كونيًا متأخرًا قد يكون قد كشف طبقة أرضية تتوافر فيها الميكروبات المنزعجة، فبعض الميكروبات قد تبقى متاحة، متجمدة وغير نشطة أو خاملة، ومحمية من الموجات فوق البنفسجية القادمة من الشمس فى جوانب الحفر التى أحدثها التصادم. كما أن هناك إمكانية أخرى تتحصل فى بقاء بعض الباكتيريا الميّالة للملح مدفونة فى بللوراته المتبقية فى قاع البرك الجافة.

ويضع أحد إخصائيى المريخ بهيئة ناسا رهانه على المناطق القطبية المتجمدة فى المريخ، والتى يعتقد أنها قد تكون ميناءً مناسبًا أو ملاذًا ممكنًا لشكل من أشكال الميكروبات(٧). وهو يدعى كريس ماكاى **Chris Mackay**. ولو أن درجة الحرارة هناك منخفضة لحد يدعو لليأس، فعلى الأقل هناك ثلج متاح، بعكس المناطق الاستوائية التى جفت تمامًا. ومزيد من المفاتيح للأسئلة المثارة يأتى من مكان واحد على الأرض يتشابه مع سطح المريخ اليوم وهو قارة أنتاركتيكا عند القطب الجنوبى من حيث إن درجة الحرارة هناك تصل إلى ما تحت درجة التجمد، وثمة رياح عنيفة ومخيفة وجافة، وإشعاعات جدية من الفوق بنفسجية، وبالرغم من ذلك، فإن حياة ميكروبية تقوم فى قاع البحيرات المغطاة بالثلوج فى أودية ماكمورد الجافة **McMurdo Dry Valleys**. والمياه السائلة يمكن أن تبقى تحت الثلج حتى ولو أن درجة الحرارة تصبح تحت درجة التجمد، وذلك بواسطة خليط من أشعة الشمس والحرارة الأرضية واقتحام أو استرساب مياه سائلة منذ فترات ارتفعت فيها الحرارة إلى ما فوق الصفر. ومن ثم فإن العضويات المريخية، ربما عثرت على

ملاذ لها في مثل هذه الأماكن وامتدت في مقاومتها ومناضلتها من أجل الحياة عبر مئات ملايين السنين.

وقد أعد ماكاي دراسة أكثر من مهمة عن هذه الحياة الانتاركتيكية، وتعرف الدراسة باسمها المخيف «الحياة الدائمة المخفيّة أو المغلزة» **cryptoendolilhs**[*]، وهذه العضويات تحتل أو تشغل منطقة صخور رملية الطابع ونصف شفافة. وتسكن قريبًا بدرجة كافية من السطح لكي يصل الضوء إليها، ولكنها محمية من الأشعة فوق البنفسجية والرياح بصفة عامة، بواسطة طبقة صلدة رفيعة. وضوء الشمس المندمج بالصخور، يمكن أن ينشئ جوًا معيشيًا رطبًا لبقاء العضويات واستمرارها عبر المياه المنحصرة حتى ١٥٠٠ متر في ظل درجة حرارة تكون دائمًا تحت درجة التجمد. إن كل مجتمعات الباكتيريا والفطر والطحالب **algae** بنات الأشنة **lichens** والخميرة المزبدة **yeasts**، تعيش براحة في ظل هذه الظروف البالغة القسوة. ومن المحتمل أن بعض هذه العضويات تعيش في المريخ، مستخدمة هذه الاستراتيجية العبقرية، وأي ميكروبات مريخية فطرية أو طبيعية قد تكون ظهرت بالطريقة نفسها.

ورأيي الشخصي هو أن المنطقة العميقة تحت سطح المريخ تظل أكثر احتمالاً كمواقع الحياة اليوم، ولأسباب سأقوم بشرحها في الفصل التالي. وأعتقد أن هناك فرصة ممتازة في أن نعثر على ميكروبات مازالت حية تحت الجلاميد المريخية. حيث كنا منذ سنوات قليلة نضحك في سخرية من مثل هذا التنبؤ، فطالما افترض العلماء أن الحياة تحتاج لدعمها إلى ضوء الشمس والدفء وإمداد جاهز من المواد العضوية، وبذلك فإن المريخ ظلّ خارجًا على الموضوع، ومع ذلك فإنه مع اكتشاف الميكروبات التي تعيش في العمق بعيدًا عن الضوء أي في ظلام دامس والحرارة الأرضية التي تدفئ سكان الأرض فقد انتقل مشهد الحياة ليكون مناسبًا على المريخ[٨].

(*) وبتحليل الكلمة أو المصطلح لغويًا نجد أنها تنقسم إلى مقطعين: crypto وتطلق على كل ما هو سري أو شفري، والباقي يشير إلى نبات دائم الخضرة، ينمو في شرق اليابان. (المترجم).

الأحجار النيزكية القادمة من المريخ:

في عام ١٩١١ كانت بلدة «نخلة» في مصر محلاً لحدث من أهم الوقائع التاريخية على الإطلاق حين سقطت عليها من السماء صخرة غليظة وقصيرة وتسببت في مقتل كلب. وهو النوع الوحيد المعروف من ذوات الناب، الذي لقى حتفه بواسطة عنصر أو موضوع كوني. ولو أنه أمر غير محتمل الحدوث في أن تتم مواجهة كهذه، فإن طبيعة الأمر غير العادية لم تتكشف إلا بعد عقود تالية عندما وجد العلماء أن من وراء هذه الحادثة القاتلة ليس صخرًا حداثقيًا عاديًا، وإنما قطعة من كوكب المريخ. وللتأريخ فثمة دستتان من الصخور النيزكية المريخية قد تم التعرف عليهما وأكثر من ذلك لا يزال قابعًا في الأرض حولنا دون شك في طبيعته. وبتوجيه النظر إلى صخرة نيزكية مريخية، فإنها تبدو مختلفة عن أي صخرة أخرى، وبالطبع من الشيء المعثور عليه في نخلة، يستقر لسنوات عديدة مثل أي صخور نيزكية في المتحف الجيولوجي بجامعة أدليد **Geology Museum at the University of Adelaide**، إلى أن تم تمييز طبيعته الحقيقة في بواكير التسعينيات من القرن الماضي، ومنذ ذلك الحين تم التحفظ عليه «بالضبة والمفتاح». ذلك أن الأصل المريخي لهذه الصخور لا يكمن فقط في مظهرها ذاك، وإنما أيضًا في دقة تكوينها الكيميائي. ولقد ظل العلماء طويلاً مُتحيّرين إزاء مستوى من الصخور النيزكية، يعرف باسم المطقطقات أو المحزوزيات **'SNC" or Snicks'** (اختصارًا)، طبقًا لما تحويه من كميات غير عادية من المواد المتطايرة أو سريعة التأثر، ووفرة ما بها من نظائر الأكسجين. إن تعريفها بـ **SNC** يعني أوائل حروف أسماء ثلاثة أماكن اُكتشفت فيها، فالـ **N** تشير إلى نخلة بمصر على سبيل المثال، والأول في استعادته للحياة سقط في شازني **Chassigny** بفرنسا عام ١٨١٥، والثاني كان في الهند في شيرجوتي **Shergotty** عام ١٨٦٥، وهكذا تشكلت الحروف الثلاثة.

وأكثر ما أثار الحيرة والإرباك فى تلك الصخور النيزكية، هـو احتواؤهـا على صخور نارية، والتى عادة ما ترتبط بالبراكين. وهو ما دعا إلى الشك فـورًا أن هذه الصخور النيزكية تأتى من الكويكبات الكائنة بين المريخ والزهـرة، أو أن يكون مصدرها المذنبات. ولكن الكواكب وحدها هى التى تشتمل علـى البـراكين، وليس الكويكبات والمذنبات.

والجزء الحاسم من الدليل جاء فى بواكير الثمانينيات من القـرن الماضـى، على أن هذه الصخور النيزكية الملقبة باسم **SNC** فيها شيء غريب، وذلك عنـدما استخدموا مقاييس إشعاعية نشطة فى تحديد تاريخها العمرى، حيث جاء عمرها ما بين ١٨٠، و١٣٠٠ مليون سنة. وبالمقارنة فإن الصخور النيزكية العادية، التى هى عبارة عن شرائح من المواد البدائية الأصلية المتخلفة من تشكل النظام الشمـسى، والتى تقترب بين ٤,٦ بليون سنة من العمر. ومن ثم فقد تشككت حفنة من العلماء، فى أن الأحجار النيزكية **SNC**، قد جاءت من سطح أحد الكواكب والتـى تـشتمل على البراكين.

ولو أن معرفة المصدر الكوكبى لهذه الصخور النيزكيـة **SNC**، قـد أزال الحيرة القائمة بشأن الموضوع المثار بقوة، إلا أنه أنشأ المزيد منها. وكان أكثرهـا ضغطًا على الذهن هو كيف لحجر ضخم خشن أن يُقتطع من كوكبه ويبذل جهـدًا فى قطع هذا الشوط للوصول إلى الأرض. وما العمليات الفيزيائية التى لهـا قـوة اقتطاع صخرة من كوكب دون أن تدمره فى الوقت نفسه؟ وسرعان ما أوضـحت الحسابات أن أقصى عنف تحاتى أو تآكلى بركانى لا يتسنى له خلع حجـر وقذفـه إلى الفضاء. وهكذا انحصرت المسألة فى خيار وحيد وهو التصادمات الكونية. فقد كان بالتأكيد مما يُقبل فهمه أن كوكبًا صدمه كويكب آخر أو مذنب، وبقـوة كافيـة لحث كتلة صخرية وتسييرها فى المدار، وأن بعض هذه الملفوظات قد وصل أخيرًا للأرض. ومع ذلك فإنه حتى فى الثمانينيات ظل الكثير من العلماء يجدون صعوبة

فى قبول مثل هذه المآسى الكونية بشكل جدّى. والأدهى من ذلك فقد بدا فى ذلك الوقت أن تصادمًا بهذه الجاذبية، لن يمكن معه تجنب انسحاق أو إذابة الصخور فى منطقة التصادم. وعليه، فإن الصخور النيزكية «المطقطقة» (التى تحدث صوتًا كالطقطقة)، قد اصطدمت، ولكن على نحو عادى.

وعلى أى حال، فإن وزن هذا الدليل تجمع لصالح الأصل الكوكبى للـ SNC. وكان السؤال التالى هو: من أى من الكواكب جاءت؟ ولو أن المريخ كان دئمًا هو المرشح الأول الذى تدور حوله الشكوك. فقد كان بمثابة تمرين على بذل الجهد فى العمل الاستكشافى. وبالطبع فإن كوكب الزهرة كان هو المنافس له فى هذا الأمر، لأن مناخه السميك والارتفاع النسبى لدرجة جاذبية سطحه، جعلا من الصعب أن تهبّ منه أى مواد. كما أن القمر – وكوكب الأرض نفسه – مَثلًا مصادر مناسبة لمثل تلك المواد. لكن القمر لم تكن به أنشطة بركانية فى الوقت الذى قدّرته المقاييس كعمر للـ SNC. ولو أن الأرض كان بها مثل هذا النشاط، فقد فشلت الصخور النيزكية فى اختبار المقارنة بشكل حاسم بالنسبة لكوكبى الأرض والقمر، فى ظل نسب نظائر مكوناتيهما. ليس فقط نظير الأكسجين، وإنما أيضًا غاز الزّينون **Xenon**(*). فكلاهما ليسا كذلك مما يشير إلى مناخ رفيع ومجال جاذبى كبير ولكنه عادى. وكل هذا وضع الحمل بقوة على المريخ.

وفى عام ١٩٨٢ جاءت الحجة المفحمة فى واحدة من المراحل غير المتوقعة، والتى غالبًا ما تصاحب الاكتشافات العلمية. حين كان أحد علماء هيئة ناسا، وهو دونالد بوجارد **Donald Bogard**، يحاول تسجيل إحدى الصخور

(*) هو عنصر غازى ثقيل خامل وعديم اللون يكون دائمًا فى الهواء، كما أنه يستعمل فى بعض المصابيح الكهربية (المترجم).

النيزكية المريخية المزعومة بواسطة قياس وفرة النشاط الإشعاعي لغاز الأرجون(*) Argon في أحد جيوب الثلج الذائب. وكانت النتائج التي حصل عليها من العينة التي عمل عليها، منافية للعقل أو مخيبة للآمال، ولذلك انتهى إلى أن الصخرة ربما تلوثت بشكل ما أو شابها الفساد. وفكَّر جارد مليًا في الأمر، وأرجع السبب في أن قوة موجة الصدمة، التي تسببت في قذف الصخرة من المريخ، ربما أجبرت غاز الأرجون من الجو ليدخل إلى جوف الصخرة، وكانت فايكنج قد قامت بقياس وفرة نظائر الأرجون في مناخ المريخ. وسرعان ما أبرزت المقارنة كون بوجارد صادقًا. هذا وجاءت القياسات التي أجريت على غازات مهمة أخرى، فضلاً عن النيتروجين وثاني أكسيد الكربون، لتوافق على قائمة المعلومات عن النظائر التي جاءت بها مهمة فايكنج. فقد تماثلت الغازات الموجودة بالفقاقيع الصغيرة الموجودة في هذا النيزك بدقة مع المناخ المريخي[٩].

وبمجرد القبول بأن SNC، وحفنة أخرى من الأحجار النيزكية، قد جاءت فعلاً من المريخ، فقد راح العلماء يفحصونها بأمل العثور على مفاتيح حول الظروف الفيزيائية على سطح المريخ. وواحد من الاكتشافات المهمة هو وجود معادن في الأحجار النيزكية التي عملت فيها المياه عملها، مؤكدًا بذلك نظرية أن المريخ كان في مرة من المرات، دافئًا ورطبًا. كما أن معلومات أخرى من التي تم تجميعها حول وفرة النظائر، ساعدت في بناء صورة للتغيُّرات التي جرت في مناخ المريخ. وكل هذا العمل والجهد على الأحجار النيزكية المريخية كان شيئًا ساحرًا ومهمًا ولكن، ومع ذلك، لا يقارن مع المفاجأة المخبأة والكامنة داخل النيزك المسمى ALH 84001.

(*) عنصر غازي عديم اللون والرائحة يوجد أيضًا في الهواء، وكذا في الغازات البركانية، كما يستعمل في ملء المصابيح الكهربية بدوره، فضلاً عن الأنابيب الإليكترونية. (المترجم).

دلالات لوجود حـياة:

لقد وقعت هيئة ناسا على، اكتشاف مذهل، يشير لإمكانيـة شكل بدائى لحياة ميكروبية، ربما تكون قد وُجـدت علـى المريخ لأكثر من ثلاثة بلايين مضت من السنين.

دانيل س. جولدنج Daniel S. Golding

مدير هيئة ناسا[١٠].

تعتبر المساحات الأرضية المنعزلة فى أنتاركتيكا آخر الأمكنة التى يمكن أن يجد فيها صائدو الأحجار حجرًا نيزكيًا وهم يعملون. إلا أن هذه الألـواح الـوفيرة المميزة من الثلج تعتبر حافظًا، مثاليًا للأسرار الفلكية. فإذا عثرت على حجر فـى ثلوج أنتاركتيكا فليس غير السماء هى التى جاء منها. والأحجـار النيزكيـة التـى تسقط على الثلج، سرعان ما تدفنها الثلوج فيها، ولكن عندما تزحف ألواح الثلج فى اتجاه المحيط، حاملة معها الأحجار النيزكية، فإنها تتوقف عندما تواجـه إعاقـات مغمورة، كما عندما تحتك بالجبال. وقد تُدفع الأحجار المدفونة إلى السطح، حيـث تبدو واضحة تمامًا عبر الثلج الأبيض.

وكانت روبرتا سكور **Roberta Score** واحدة مـن بـين فريـق البحـث الأمريكى عن الأحجار النيزكية فى أنتاركتيكا، وفى أخريات عـام ١٩٨٤، كلفـت هى وزملاؤها باجتياز الجلاميد المكشوفة والتى تذروها الرياح بالقرب من منطقـة تعرف باسم «تلال آلان» **Allan Hills**. وفى منتصف نهار ٢٧ ديـسمبر أوقفـت روبرتا تليفونها الثلجى المحمول، ليأخذها العجب إزاء مشهد ثلجى متشكل بما يشبه الأمواج المتجمدة. وعند هذه النقطة فقد التقى نظرها بحجر نيزكى يرقد على حافة هذا الحقل الثلجى. وفى البحث فيه، تبين أن له لونًا يميل للاخضرار، وأنه ليس من مصدر أرضى. وبعيدًا عن ذلك فهو مجرد حجر نيزكى آخر فى مجـال اهتمـام

روبرتا وزملائها، من بين أكثر من مائة منها كان الفريق قد جمعه أثناء مهمـــتهم، وعليه فلم تكن هناك إثارة غير عادية أو مفرطة بالنسبة لهم.

وكالعادة حرص العلماء على تجنب أسباب التلوث للحفاظ علـــى حجـــرهم النيزكى الأخضر بعيدًا عنه، والذى سموه اختصارًا **ALH**، باعتبار المكان المعثور عليه فيه **Allan Hills** أى «تلال آلان»، فوضعوه فى حقيبة من النايلون الخـــاص فائقة التعقيم وأحكموا غلقها بنوع من التيفلون **Teflon**. لـــم يلمـــسه أحـــد بيديـــه العاريتين، ثم نُقل فى حالة تجمد مع غيره مما عثروا عليه طوال رحلـــة المهمـــة والتى دامت ثلاثة أشهر، إلى معمـــل معالجـــة الأحجـــار النيزكيـــة **Meteorite Curation Laboratory**، فى مركز جونسون للفـــضاء **Johnson Space Center** فى هيوستون بولاية تكساس. وهناك تم تخزينه فى خزانة مشمولة ببيئة نيتروجينية لاستبعاد أى رطوبة أو نداوة. وقد كان هذا أول حجر نيزكى يتم التعامل معه مـــن بين ١٩٨٤ حجرًا (منذ بدأت المهام المماثلة والتى لقبت بالتعريف ٨٤٠٠١) وذلـــك بالنظر للونه غير المعتاد. ومع ذلك، وعوده للمعمل فقد أظهر بما لا يتوقـــع لونـــا فاترًا ضاربًا إلى الرمادى فى هيئته، وتم تصنيفه على أنه مـــن بـــين التكـــاثرات المرتدة من حزام الكـــويكبات. وهكذا ظل هـــذا الـــ **ALH 84001** مخزونـــا دون تعرف على هويته الحقيقية إلى طوال أربع سنوات أخرى.

وفى صيف العام ١٩٨٨ كان الكيميائى الجيولوجى دافيد ميتلفيلـــدت **David Mittlefehldt**، من مركز جونسون للفضاء، يقود تحليلاً عاديًا فى التكاثر المرتـــد (الجنسى واللا جنسى) وحصل على عينة من **ALH 84001** لتحليلها. وسرعان مـــا ثار حب استطلاعه من خلال الوصف الأصلى للحجر، بأنه يحتوى علـــى معـــادن معينة تندر فى حالات التكاثر المرتـــد، مثـــل ذلـــك الغريـــب العجيـــب المـــسمى بلاجيوكلاز **Plagioclase** (ضرب من الفلسبار). وكان معروفًا أيضا أنـــه يحتـــوى على كربونات (المشبعة بثانى أكسيد الكربون)، ولكـــن ميتلفيلـــدت وعلـــى نحـــو أوتوماتيكى، عزا ذلك إلى أنه من نتاج الجو فى أنتاركتيكا.

وتحليل متيلفيلدت للكتلة العينة، لم يصل إلى أى شيء زائد أو منفرد. وظـل الأمر كذلك حتـى العـام ١٩٩٠ حـين اسـتخدم مجسًا الكترونيًـا **electron microprobe**، لفحص بعض الحبيبات التى تحتوى عليها العينـة، حيـث بـدأت الطبيعة الفريدة للحجر النيزكى تتكشف ببطء. لأن المجسّ الذى أطلـق شـحنة أو حزمة ضَيِّقة من الإليكترونات على سطح العينة حانًا انبعاث أشعة إكـس **X-rays**، والتى كشفت عن كمية كبيرة من الحديد الحديدى **ferric iron**، والذى لا تتميز بـه الأحجار النيزكية العادية. وعليه لم يذع متيلفيلدت الخبر ظنًا منه، بأن تحاليله قـد أخفقت النتائج الصحيحة. ولكنه كتب بحثًا عام ١٩٩٣ عن التكاثر المرتد، أشار فيه إلى تلك النتائج الشاذة لعينة **ALH 84001**، ومن ثم حثه أحد مراجعى البحث بـأن يعيد فحص نتائج تحليله. وفقط حين أقنع متيلفيلدت نفسه بأن نتائجه صـحيحة ولا عيب فيها، أشرقت عليه فكرة مؤداها أن الـ **ALH 84001**، قد لا تكون من نتـاج التكاثر المرتد على الإطلاق، ولكنه حجر نيزكى مريخى. ومع ذلك، فإن التكوينات المعدنية لم تكن تماثل تلك التكوينات المعروفة عن الأحجار النيزكية المريخية، مثل الـ **SNC** مثلاً. وبالطبع فقد أصابته الحيطة الطبيعية، ولم يشر متيلفيلدت لزملائـه إلى ما انتهى إليه.

ووصل متيلفيلدت إلى أنه من الأفضل الحصول على عينـات أخـرى مـن **ALH 84001**، وبعد قليل لفت انتباهه إلى حجر نيزكى آخر من أنتاركتيكا معروف بالاسم المختصر **EETA 79002**، وهو قد سبق له العمل عليه ومحدّد على أنه نتاج مباشر للتكاثر المرتد. وبدأ يجرى عليـه تحليلـه الروتينـى، مـستخدمًا المجـسّ الإلكترونى، ولكنه وبشكل فورى، تحير وارتبك إزاء اكتشافه كميـة حقيقيـة مـن الحديد الحديدى. وكاختبار متقاطع مع الاختبار الأصـلى قـام بدراسـة تكوينـات كبريتيد الحديد فى الـ **EETA 79002**، ولدهشته عثر على ديـسالفيد **disalphide** الحديد «هذا شيء أحمق أو مجنون لأن الجنس المرتد يحتوى فقط علـى الحديـد أحادي الكبريت»[١١]. هكذا ردد بينه وبين نفسه. وهو في حيرته البالغة وارتباكـه

عاد إلى قواعده لفحص طبقة رفيعة من الحجر تحت الميكروسكوب، حيث لم تشبه فى أى شيء للـ EETA 79002، ولكنها وعلى نحو مضجر ووافر الشبه لـ ALH 84001. وبمعاودة الفحص وجد متيلفيلدت أنه حصل على عينة خاطئة وأنه كان يعمل طوال الوقت على عينة الحجر النيزكى المعثور عليه فى تلال آلان. وقد كان هذا دليلاً كافيًا. ثنائى سالفيد الحديد يُعد مألوفًا فى الأحجار النيزكية المريخية. ومع وجود الحديد الحديدى، فإن النتيجة تنحصر فى أن الحجر (ALH 84001) قادم من المريخ.

وبمجرد أن أعلن متيلفيلدت أنه كذلك، فى منتصف أكتوبر ١٩٩٣، فقد جرت معاملة الحجر على نحو خاص. حيث ترأس باحث هيئة ناسا دافيد ماكاى، والذى يعمل أيضًا فى مركز جونسون للفضاء، مجموعة بحثية والتى ضمت أيضًا ريتشارد زار Ritchard Zar، من جامعة ستانفورد، وبدأت المجموعة فى إخضاع ALH 84001 لمجموعة من الاختبارات؛ مستخدمين فيها كيميائيات خيالية والتحاليل المناظرة، والتى من خلالها استطاع علماء ناسا إعادة بناء تاريخ الحجر درجة بعد درجة، وكانت أول مفاجأة هى عمر الحجر الذى تم تحديده بواسطة تحلل عنصرى الروبيديوم vubidium (وهو عنصر فلزى فضى اللون يشبه البوتاسيوم)، والساماريوم Samarium (عنصر فلزى نادر). ولنتذكر أن معظم الأحجار النيزكية المريخية تعتبر صغيرة العمر نسبيًا، ولكن الـ ALH 84001 يترسخ عمره واصلاً إلى ٤,٥ بليون سنة مضت، وبما ليس بعيدًا من تاريخ تشكل المريخ ذاته.

وقد وجه الباحثون جل اهتمامهم للخدوش فى الحجر النيزكى. وفى النهاية فإن شيئًا – من المحتمل أنه قريب من تصادم كونى – قد فرّق نسيجه لدرجة معينة، وأذابه مرة ثانية، ولكن جزئيًا خلال عملية التصادم. ولتحديد متى حدث ذلك، فقد عمد الفريق إلى مقاييس مُقدرة بعناية لعنصر البوتاسيوم ٤٠، وهو نظير مشع نشط يتفسخ تدريجيًا فى غاز الأرجون Argon، ولأنه غازى الهيئة، فإنه يتسرب من الصخور النسجية (الشبيهة بالنسيج)، ولكن يبقى محصورًا فى شكل

متماسك **Solid**. والمزيج المتصل من البوتاسيوم والأرجون يمكّنها على هذا النحو في تحديد الوقت الذى برد فيه الحجر من الصدمة التى أحدثت تلك الصدوع فيه. وكانت النتيجة أن البرودة فيه وقعت منذ حوالى أربعة بلايين من السنين. وترجع أهمية هذه الشروخ فى الحجر إلى أنه يقبع فى عمق ثناياها حبات رفيعة من الكربونات مثل الحجر الجيرى. وبالنسبة لجيولوجى، فإن الكربونات لها نوبات تفصد فيها الماء. وكان السؤال المحورى هو: هل هذه الكربونات قد تسللت للصخرة أو الحجر أثناء وجوده فى ثلوج أنتاركتيكا أو أنها جاءت معه من المريخ؟ وبعد قليل، كانت الإجابة فى المتناول عبر عمر ذلك المخزون. ولو أن المسألة تعتبر مطاطية جدًا، فقد تراوحت بين ١,٤ و٣,٦ بليون سنة. إلا أنها كانت كافية للقول بأنها قبل مجيئه لكوكب الأرض.

ومن ثم كان واضحًا أن الـ **ALH 84001** كانت له حياة كاملة، بالمقارنة الحديثة، منذ فصله تصادمًا كونيًا عن كوكبه الأم: المريخ. ولكى يصلوا إلى تاريخ هذا الفصل عن الكوكب فقد درس الفريق تأثير الأشعة الكونية على الحجر النيزكى. والمواد فى الفضاء يصيبها بشكل دائم وابل من العناصر الفائقة السرعة، القادمة من الشمس ومن المجرة ككل. وهذه الأشعة تنتج نظائر جديدة فى المواد. وبقياس وفرتها فإنه يمكن تقدير مدى الوقت الذى تعرضت فيه الأشياء للأشعة الكونية. وانحصرت الإجابة فى حوالى ١٦ مليون سنة، وعليه فقد قضى **ALH 84001** طوال هذه المدة فى الفضاء قبل أن يصل لكوكب الأرض. ولتحديد متى بالضبط تم دَفْع الحجر، بعيدًا عن المريخ، فقد احتاج العلماء لتحديد متى وصل بالضبط لأنتاركتيكا. وقد استخدم فى هذا نظير الكربون المعتاد. ثمة كمية من النظير النشط إشعاعيًا كربون ١٤ «C^{14}» قد تشكل بواسطة الإشعاع، حينما كان الحجر فى الفضاء، وبعد سقوطه على سطح كوكب الأرض توقف إنتاج هذا النظير. وبقياس الكم المتسرب منه، يمكن تحديد وقت وصوله للأرض، وتمثلت الإجابة فى حدوث هذا منذ ١٣٠٠٠ سنة. وهكذا فقد استقر فى الثلج من دون أن يقلقه أحد منذ تقريبًا ١١٠٠٠ سنة قبل الميلاد، حتى التقطته روبرتا سكور عام ١٩٨٤.

وتركزت دراسة علماء هيئة ناسا على مادة الكربونات المميزة فى الحجـر. وعرفوا أن تلك العناصر الرفيعة قد تمدهم بمفاتيح مهمة عن الأحوال فوق المريخ منذ مدة طويلة مضت، وكشفت الأبحاث المقرّبة عن طبقات من الفقاقيع تصل مـن ٢٥ نانوميتر (واحد من المليون من المليمتر) حتى ١/١٠ من المليمتر من الحافة للحافة، حَاصرة مادة الحديد الثرية التى تحوى كبريتيد الحديد وشكلاً مـن أشـكال أكسيد الحديد المعروف بقدرته على الجذب، وكل هـذه المعـادن يمكـن إنتاجهـا منفصلة، بواسطة عمليات كيميائية مختلفة، ولكن وجودها مندمجة فى موقع واحد، كان مما يثير الانزعاج. ما الذى صنعها على هذا النحو؟ وبعد كثير مـن التفكيـر المعتبر بدأ علماء ناسا فى تأطير حدس جرىء: هل من الممكن أن تكون حبيبـات الكربونات تلك قد صنعتها عضويات حية؟ ونعترف أن تلك كانت نظرية ضـارية، ولكن هل جاء الحجر من كوكب الأرض، حيث هذا النوع من الحبيبات المعدنيـة التى رأوها يمكن تسبتها بشكل جاهز للأنشطة الميكروبية؟

كانت الأبحاث تحتاج إلى مراجعات احترافية: قليل من العلماء قـد يكتفـون بهذه الحبيبات المعدنية كدليل على وجود حياة، وهكذا لجأ ماكاى وفريقـه لـشىء مختلف تمامًا من الكيماويـات المـسماة هيـدروكربونات شـاملة، ذات رائحـة **polycyclic aromatic by drocarbonate**، واختصارًا **PAH**، وهى جزيئات كثيرة الحلقية ومعروف بأن أشكال الحياة المتفسخة تنتجها. وبحث العلماء عنها باستخدام مقياس الطيف، وقد كوفئوا بوجود آثار لها. وقبل الاحتفال بهذه النتيجـة، احتـاج العلماء للتأكد أنها لم تغز الحجر أثناء وجوده فى أنتاركتيكا. وقد اختبروا ذلك مـن خلال فحص توزيع الـ **PAH** فى الحجر النيزكى، ووجدوا أن تركزها يتجه إلـى داخل الحجر، وهو عكس ما يتوقعه المرء من كونها قد غمرتـه مـن الخـارج، والأكثر من ذلك أن الأحجار النيزكية الأخرى فى أنتاركتيكا لا تحوى هذه الكميات من الـ **PAH**. لقد كانت هذه بمثابة ضربة هائلة، ولكنها قصرت عـن أن تكـون دليلاً على إثبات، أن حشرات مريخية كانت تعمل فى الحجر. والمشكلة تتمثل فـى أن الـ **PAH**، ولو أنها من صنع العضويات الحية، إلا أنها أيضًا يمكن أن تكـون

من صنع عمليات غير عضوية. وبالطبع فقد وجدت فى أحجـــار نيزكيـــة عاديـــة وحتى فى الفضــــاء البين تجمــــى. وعلى ذلك فإن وجــــود الــــ **PAH** فـــى الــــ **ALH 84001**، هو مما يثير الاقتراحات، ولكنه يبقى غير حاسم. وحتى لو ثبت أن الــــ **PAH** قد جاءت من المريخ، فإنها يمكن أن تُنـــتج بواســـطة عمليـــات غيـــر بيولوجية، أو أنها جاءت من الفضاء.

ومع ذلك فقد كان هناك سبب ثالث جعل فريق ناسا يشك أن عضويات حية، قد سبق أن عاشت فى الحجر المريخى، وكانت هى الأكثر درامية على الإطـــلاق. فقد أظهر ميكرسكوب أليكترونى قوى أن آلافًا من النقاط الأنبوبية الـــشكل، تبـــدو ملتصقة بالحبيبات الكربوناتية. وهذه النقاط تبدو لكل الناس كأنها باكتيريا أرضـــية. بينما ذهب ماكاى وزملاؤه إلى نتيجة، مؤداها أنها ليست أكثر من أحافير مريخيـــة – (القشور المتحجرة للميكروبات التى عاشت على الكوكب الأحمر منذ أكثـــر ٣,٥ بليون سنة مضت)، ولو كان هذا الكلام صحيحًا فمن الـــضرورى أن تكـــون أول كائنات فى التاريخ ترى الطبعة المبدئية لشكل من الحياة مُغاير وغريب.

وقد أعلن فريق ناسا عن إنجازهم للأدلة الثلاثة للعامة، بحيث أصبح الأمـــر معروفًا للجميع، فى أغسطس ١٩٩٦. وكانت النتيجة اشتعالاً للإحساس العالمى مع شعارات، رفعتها الميديا حول العالم مع تغطية تليفزيونية نشرت الأخبار على مدى واسع. والرئيس كلينتون بنفسه واجه الصحف وأعطـــى بركتـــه وموافقتـــه علـــى الأبحاث التى أُجريت. وأعد نائب الرئيس آل جور **Al Gore** سيمنارًا «للتطبيقات» فى البيت الأبيض، وعلّق القادة الدينيون على الأمر دون إسراف، مـــشيرين إلـــى مدى ما يعنيه حياة فضائية غير أرضية للأمور الدينية. ومن ناحيتها نفضت هيئـــة ناسا الغبار عن خططها الاستكشافية، كما راجعت ميزانياتهـــا. ونـــشطت شـــبكة الإنترنت نشاطًا بالغًا فيما يتعلق بالمعلومات العلمية والتعليقات الجاهزة، كمـــا تـــم التقاط الصور وتوزيعها الخاصة بـــ **ALH 84001**، والتى استخدمت فى مئات من المحاضرات التى يغلب عليها الارتجال.

ولقد علمت بالأخبار فى البداية بأسلوب جاد، حين استيقظت من النوم صباح يوم ٧ أغسطس لأجد رسالة بالفاكس موجهة لزوجتى من أحد معارفنا بإنجلترا، يسألها عما إذا كنت فى زيارة للندن فى هذا الوقت، وذلك حالما استمعت المتسائلة لحديث لى فى إذاعة BBC عن الحياة فى المريخ. وإزاء ارتباكى فى مواجهة الأمر نحيت الرسالة جانبًا وتوجه عقلى لمشاهدة تليفزيون الصباح الأسترالى. وتبين لى تأكيدًا، وبدرجة كافية، أن القصة الكبيرة لناسا قد نشرت التقرير. وعلى التو أدركت ما حدث، وكان علىَّ أن أبتسم ساخرًا. حيث كنت لعدة شهور ألقى محاضرات وأُجرى مقابلات تليفزيونية حول العالم عن إمكانية أن الميكروبات داخل أحافيرها، قد وصلت لكوكب الأرض قادمة من المريخ (والعكس أيضًا) عبر الأحجار النيزكية. وبالتالى فإنه بعد نشر القصة الكبيرة لناسا، عمدت الإذاعة البريطانية BBC إلى وسيلة حرفية اصطناعية بإذاعة حديث معى، كان مسجلاً حول الموضوع قبل عدة أسابيع من معرفة أيِّنا – أنا والإذاعة – لأى شىء عن نتائج ناسا الجديدة. وللأسف فقد كان الإعلام الأسترالى أقل مهارة. فقد كان فريق تصوير تليفزيونى من هيئة الإذاعة الأسترالية / **Australian Broadcasting corporation (ABC)** قد زارنى، وذلك قبل شهر مضى، وتحدثت إليهم عن السيناريو الخاص بالحجر النيزكى، وحتى إننى رفعت أمام الكاميرا قطعة من الحجر النيزكى المعثور عليه ببلدة نخلة بمصر، مصطنعًا ما يشبه النكتة بأننى ربما يصيبنى تلوث ما جراء ذلك، وبالمصادفة كان مقرر لإذاعة هذا اللقاء يوم ٨ أغسطس، ولكن الـ ABC كانت قد قررت قطع الجزء من الحديث المتعلق بالميكروبات فى الحجر النيزكى المريخى، بسبب أنها كانت خيالية جدًا، أو لأنها أُعتبرت مثيرة للملل. وفى الوقت الذى أعلنت فيه ناسا عن نتائجها تلك، كان قد أصبح صعبًا إعادة الجزء المحذوف مرة أخرى وفات أوانه.

ومن المسائل المسلية أو المثيرة، كنتيجة لمقابلاتى التليفزيونية، التى بشرت بالموضوع هى قصة الديدان البيضاء **white worms**: ففى يناير ١٩٩٦ حضرت

مؤتمرًا في لندن كانت القائمة عليه مؤسسة سيبا "Ciba Foundation". تحت عنوان «التطور في الأنظمة البيئية الحرارية على الأرض (والمريخ؟)». Evolution of Hydrothermal Ecosystems on Earth (and Mars) وبسبب الاختصار الصحفي، فقد قدم البعض منا مداخلات عن، لماذا نعتقد أن الحياة على المريخ تشبه أكثر أن تكون راجعة إلى الأحجار النيزكية المريخية، والنظم البيئية المتعلقة بالمداخن السوداء على الأرض، بما فيها من ديدان أنبوبية الشكل، وعندما ظهرت في تليفزيون الـ BBC في الليلة نفسها، طُلب مني الحديث عن اكتشاف الديدان البيضاء على المريخ! وقد بذلت جهدي في توضيح القصة، ولكن لم أذهب بعيدًا تمامًا. ولفزعي فإن نتائج ناسا عندما أعلنت، فقد تم التوسع في أن الميكروبات الأحفورية تشبه الديدان البيضاء.

ولركوب موجة السعار التي سادت الإعلام في هذا الشأن، فقد ظل ماكاي وزملاؤه في حالة هدوء، ومتنبهين إلى أن النتائج السابقة للعلماء قد أُعلنت في نفس ظروف الجعجعة التي صاحبت الإعلان الأخير، وفقط ليصير التراجع عنها فيما بعد. ولذلك كانوا معنيين بالضغط على أن العلامات التي عثروا عليها في الحجر النيزكي تفتقد الدليل على أن كانت هناك مرة حياة على المريخ. وأنهم مجرد مصرّين مع الحدس القائل بالأصل البيولوجي المريخي. لقد كانت هناك حاجة لمزيد من العمل، وتجميع المزيد من المعلومات وعينة واحدة جديدة تعود بها إلى المهمات للمريخ سوف تجعل الأمر مؤكدًا. ولكن وجهة نظرهم، أن الحياة على المريخ هي التفسير الأكثر احتمالاً لكل الحقائق.

وأخيرًا ظهرت النواحي الفنية المعثور عليها في مجلة العلوم Sience[١٢]. وقبل أن يجف الحبر كان التراجع المفاجئ والعنيف قد أخذ طريقه للظهور. حيث أبدى الخبراء تقديرهم النقدي للعمل: لا يمكن التحكم بدقة أو تمامًا من أن التلوث قد وقع في كوكب الأرض بواسطة الـ PAH، وأن الأحافير الظنية تلك كانت أصغر كثيرًا من أن تصبح بقايا باكتيريا، وأنه لا باكتيريا قد عُثر عليها في عملية تقسيم

حبيبات الكربونات وهي مخزونة في ظروف حارة جدًا، بحيث تسمح بالحياة. هـذا وقد اعتقد بعض المعلقين أن فريق ناسا كان محظوظًا بالنسبة للـشك فيـه. «لقـد قضيت كل حياتي العملية بحثًا عن أحفورات لميكروبات الأرشيا على الأرض، ولم أجد أبدًا ولو حصًة منها» هكذا علق لي شخصيًا أحد الجيولوجيين المتخصصين في البحث عن الأشكال القديمة، ويدعى مالكولم والتـر **Malcolm Wolter** مـضيفًا. «بينما عثر هؤلاء الرجال على أحافير ميكروبية مريخية بـين عينـات عـشوائية مكونة من مجرد اثنى عشر حجرًا!».

وبالتأكيد فإن الحجم الصغير جدًا للحفائر هو اعتراض قوي. لأنه بمقيـاس ٥٠ نانومتر، فإن الميكروبات الأنبوبية تصبح أصغر بمعدل مائة مرة مـن معظـم الباكتيريا الأرضية. إنها بالفعل متناهية الصغر والسؤال حولها يكون: إلى أي مدى يصبح شيء بهذا الصغر، أي شيء، قابلاً للحياة علـى الإطـلاق؟ ولـو كانـت عضويات قاعدية للدنا. فلا بد أنها تحتضن أو تستضيف ١٠٠٠ زوج قاعدي فـي جيناتها وحتى هذا، فهو يتجاهل وجود أي نوع آخر من البنـاءات، مثـل جـدران الخلية والذي يقدر بـ ٢٥ نانومتر في الباكتيريا الأرضية من حيث تخانتـه. هـل تستطيع الميكروبات المريخية المزعومة أن تقوم بالعمليات المعدنيـة المفترضـة، ووظائف التمثيل الغذائي الأخرى بواحد في المائة من المتاح في حيـاة الباكتيريـا الأرضية المألوفة. ينفي معظم الميكروبولوجيين ذلك. بينما يوافق كل من روبـرت فولك **Robert Folk** وليولينش **Leo Lynch** من جامعة تكساس بمدينـة أوسـتن، واللذين ادعيا بأنهما اكتشفا أشكالاً من الميكروبات ذات الطبيعة المعدنيـة والتـي سميت بـ: اللا باكتيريا **nonbacterial** هنا على الأرض، والتي يصل مقياسها من الجانب للجانب إلى ١٠٠ نانومتر[١٣]. وادعاؤهما ذاك شبيه بما قام به فريق فنلندي **Finish** اعتقدوا بأنهم استطاعوا عزل نانوباكتيريا من الدم البشري[١٤].

وكان أكثر التحديات جدية للتفكير البيولوجي بشأن ملامح أو سـمات الـ **ALH 84001** هو ما قام به كل من رالف هارفي **Ralf Harvey** من جامعة كـيس

ويسترن Case Western University وهارى ماك سوين Harry McSween من جامعة تينيسى. فقد عمد هذان الجيولوجيان المميزان إلى فحص ذلك الحجر النيزكى، وانتهيا إلى أن المادة الكربوناتية قد حُفظت أو خُزِّنت أو ترسبت فى درجة حرارة تبلغ على الأقل ٢٥٠° درجة مئوية، وهذه الدرجة من الحرارة من شأنها أن تدمر فورًا حتى الميكروبات الأشد تطرفًا فى نزوعها للحرارة الشديدة. ولكن فريق بحث ناسا واجه ذلك الاعتراض بقياسات نسبة النظير الأكسجينى بقولهم إن درجة حرارة التخزين أو الترسيب لم تتجاوز ٢٥٠° مئوية، وربما كانت أقل من ذلك بكثير. وللأسف، فقد تعرضت تحليلاتهم لبؤرة من الشك بسبب إمكانية فقد النظير الأوكسيجينى المشتعل فى الفضاء. وحتى وقت كتابة هذا، فإن هذا التعارض أو التناقض لم يجد حلاً له.

ومع ذلك فلم يكن كل العلماء متشككين، فقد حدث أن فريقًا من الباحثين فى الجامعة البريطانية المفتوحة Britain's Open University، أشاروا إلى أن فريق ناسا لم يكن أول من أعلن أو نشر دليلاً على نشاط بيولوجى فى الحجر النيزكى المريخى. حيث فى عام ١٩٨٩ قدم كل من أيان رايت Ian Wright ومونيكا جريدى Monica Grady وكولن بيلينجر Colin Pillinger تقريرًا بتحليلاتهم لحجر نيزكى مريخى أنتاركتيكى آخر EETA79001. ووصف العلماء الإنجليز، كيف عثروا على مادة عضوية «يتعذر تمييزها عن محتوى العضويات الأرضية، وذلك فى أعماق ذلك الحجر. وهو حجر يقل عمره عن ٢٠٠ مليون سنة. وهذا الذى عثروا عليه لا يدل بالضرورة على الحياة، ولكنهم استخلصوا وبمعرفة فعلية أن «التضمينات، أو ربما التوريطات بشأن دراسات المريخ تعد من الأمور الواضحة»[١٥].

الطاعون القاتل القادم من الكوكب الأحمر:

ربما ينحو التاريخ إلى اعتبار يوم ٢٠ يوليو ١٩٦٩ كواحد من أهم أيام القرن العشرين، وهو اليوم الذى ترجلت فيه أقدام بشرية فى عالم آخر غير عالمنا،

ولكن عندما عاد كل من نيل أرمسترونج **Nail Armstrong** وبـز ألـدرين **Buzz Aldrin** وميشيل كولنز **Michael Collins** من رحلة القمر بعد أيام قليلة من هـذا الترجل. لم يتم الترحيب بهم مباشرة بالقبلات والأحضان. وإنما تم الدفع بهم ربمـا بخشونة إلى دولاب محمول بغيض الهيئة على سطح السفينة **USS Hornet**، وتـم تركهم للتلويح للنظارة في العالم من شباك هذا الدولاب. وكان الهـدف مـن هـذه الإجراءات الاحترازية غير العاديّة هو تحقيق الحجـر الـصحي علـى الرجـال وحمولتهم من أحجار القمر بعيدًا عن عالمنا البشرى. ولو أن قلـيلاً مـن العلمـاء يعتقدون في الميكروبات القمرية. إلا أن ناسا لم تشأ ترك أى فرصـة أو مغـامرة لانطلاق أى وباء مميت. وفى واقعة زيارة القمر، فقد كان سطحه من أكثر البيئات عقمًا وجدبًا، ولكن ظلت كل قواعد الحجر الصحى مكفولة لكل باقى مهمات أبوللو **Apollo**.

وعندما – وبالتبعية – أدلت ناسا بأصابعها فى الحياة على المريخ من خلال مهمات فايكنج، فقد تقلصت تعليمات الحجر الصحى من أجندة ناسا. ومع ذلك فقـد تصاعدت مرة أخرى أصوات المهتمين بالأمر. ولو أن هناك حياة فـوق المـريخ، واستطاعت ناسا إرسال مهمة بشرية إلى هناك، فماذا سيكون عليه الحال، لـو أن رجال الفضاء قد عادوا ومعهم حشرات مريخية خبيثة أو سامة؟ من يـدرى كيـف ستكون تبعات ذلك؟ لأنه بالنظر لخشونة بيئة المريخ، فإن ميكروبات المريخ ربمـا تنتشر كالنار الضارية فوق كوكبنا المتوازن والمستوى. والبـشرية ربمـا يُلهـب ظهرها بواسطة مرض فضائى غريب وغير قابل للشفاء، أو ربما تتأثر بـدورها، وبشكل قاس، محاصيلنا الزراعية، وبما يقود إلى مجاعة. والأكثر غدرًا من ذلـك، فهو أن تزدرد أو تلتهم هذه الحشرات المريخية مواد كيماوية حيوية كـالنيتروجين، وبالتدريج تقوم بتجويع كوكبنا من هذه المادة، وبما يؤدى إلى موت محقق أيضًا.

وهناك بالتأكيد أشكال من الدروس – غير المسرفة – من الأرض. حينمـا أطلق المقيمون الإنجليز الأرانب في أستراليا، فقد أنشأوا بذلك بيئـة مُـدمّرة. أمـا الميكروبات غير الأرضية، فيمكنها أن تبرهن على ما هو أكثر إماتة بكثير. وهـذه

المخاوف ربما توضع قريبًا تحت الاختبار. وأنا هنا لا أقترح مهمة بشرية للمريخ، لكي نصبح معرضين للعدوى الفضائية ومخاطرها. ذلك أن عـودة مجـسٍّ غيـر بشري من هناك – وهو مرحلة متقدمة من خطط البحث المريخي – يمكن أن يأتي معه بصخور خطرة من على سطح المريخ، حاملة معها عضويات حية أو جراثيم هامدة، أو في حالة سكون مؤقت.

ولو أن بعضًا من قصص الخيال العلمي قد قامت علـى تيمـة الأمـراض الفضائية المهلكة، فاتحة بذلك الذهن أو مبشرة بتفشي وباء مميـت. فقـد تجاهـل العلماء هذا المشهد باعتباره نوعًا من الإتجار بالرعب. وقالوا بـأن الميكروبـات الفضائية يبدو أنها تختلف بشكل جذري عن العضويات الأرضية لدرجة أنهـا لـن تشكل أي تهديد حقيقي. والحكمة الصحية تستدعي القول بأن أخطـر الميكروبـات هي تلك التي تتشابه مع مُضيفيها في البيئة العضوكيمائية الواحدة. وكان مـن رأي البيوفيزيائي توماس جوكس **Thomas Jukes** من بيركلي **Berkeley** أنه «ليس ثمة سبب لافتراض أن العضويات المريخية، سوف تستخدم الأحمـاض الأمينيـة، أو الشفرة الجينية اللتين تستعملهما الحياة الأرضية»[١٦]. فالميكروبات المريخية تستخدم نظمًا مختلفة جذريًا، لدرجة أنها لن تتعرف علينا وتميزنا كأحياء. وأشار جـوكس إلى أنه لا أحد بمنجى من وباء يأتينا من أنتاركتيكا، مدللاً على ذلـك بقولـه: «أن الانعزال الفاصل يقلل أي خطورة من هذا النوع عبر تسببه في التطور النـوعي». وهكذا استنتج جوكس أن الميكروبات أو الجراثيم المريخية ربما تكـون حميـدة أو أقل ضررًا من مثيلتها في أنتاركتيكا.

ولكن من الأفضل أن تبقى في أمان مما لو أصبحت آسفًا على شيء. وفـي هذا المجال فقد قررت هيئة ناسا منذ زمن طويل أنها سوف تتجنب العـودة بـأي جراثيم فضائية. وثمة تقرير عن السياسة المستهدفة في هذا الشأن يقول: «يجب أن تكون الأرض محل حماية من أي مخاطر محتملة من أي شيء غير أرضي تحمله سفن الفضاء العائدة من كوكب آخر... السيطرة على الحيـاة العـضوية والتلـوث

البيولوجى اللذين تحملهما سفن الفضاء سوف يتم الترتيب لها"[١٧]. ومنذ فترة أكثر قربًا عمد «مجلس إدارة الجمعية الوطنية لدراسات الفضاء». **Nalional Research Counsil's Space Studies Board** إلى توجيه هدف لمجموعة بحثية ترأسها كلود كانيزاريس**Cloude Canizares**، والذى جاء تقريرها بعنوان العينات العائدة من المريخ: موضوعات مبدئية وتوصيات **Mar's Sample Return: Issues and Recommendations**، وأوضح أن الخطر الواعد أو المحتمل لتأثيرات ضارة ليس عند درجة الصفر، كما شلمت التوصيات عددًا من مقترحات الأمان. وعلى سبيل المثال: العينات العائدة من المريخ عبر سفينة فضاء لا بد من التعامل معها على أنها مصدر محتمل للمخاطر إلى أن يتم إثبات عكس ذلك، ويشمل ذلك سطح سفينة الفضاء، الذى كان مكشوفًا أمام بيئة المريخ والذى يجب تعقيمه قبل عودته للأرض[١٨].

لعله من الأسهل القول بأن ذلك قد تم. ولكن للعمليات التعقيمية الفعلية كانت أشبه بإشكالية بعيدة التعقيد؛ لأن إطلاق كيماويات أو إشعاعات سامة على العينة أو موضعتها فى حرارة عالية جدًا؛ كل هذا قد يدمر جدواها العلمية. أما اقتراح المجموعة بتغطية السطح الخارجى لسفينة الفضاء العائدة من هناك بمادة تتميز بتقنية حرفية عالية، لكى تلهب هذا السطح فى الفضاء، فقد بدا اقتراحًا مُحطِمًا من الناحية الإيجابية. والمقترح الأكثر عملية هو تعريض السطح الخارجى للمركبة لإشعاعات شمسية فوق بنفسجية. ومع ذلك فإنه لم يتم التوصل بعد لمنهج تعقيمى محدد.

طلب التقرير ذاته أيضًا أن يتم إعداد وسيلة للحجر الصحى الآمن قبل عامين كاملين على الأقل من رحلة المريخ، وأن يكون المسئولون عنها نخبة من الخبراء، بدءًا من إخصائيى الميكروبولوجيا، وانتهاءً بعلماء الأرض. وبصفة مبدئية، فإن أى عينات عائدة من هناك سوف تزن كيلوجرامات قليلة، بحيث يمكن إخضاعها لعملية تعقيمية واحدة درءًا للتلوث. سوف لا يكون هناك مرور بالقرب

من قطع الصخور المريخية من قبل المهتمين والباحثين المعمليين لمجرد إرضائهم بمثلما حدث مع العينات القمرية. وسوف يتم تصوير العينات بالأشعة، بحثًا عن علامات نشاط بيولوجي. وشرائح رقيقة من الأجساد البشرية، وأى عضويات أخرى، سوف يتم تعريضها لمواد من أجل اختبارها باثولوجينيًا أو أى مما يعرضها للأمراض، وللأسف فإن التكاليف الباهظة للإمداد بتسهيلات آمنة بشكل كامل بأمل إقصاء جميع المخاوف المحتملة قد تكون عائقًا جدّيًا. هذا وقد فكر بعض العلماء في بناء معمل خاص بالتلوث في مدار كوكب الأرض.

وجون رومل **John Rummel**، البيولوجى البحرى فى وودز هول **Woods Hole** وضابط الحماية الكوكبية السابق بهيئة ناسا، كانت وظيفته تنحصر فى التأكد من أن سفينة الفضاء قد لوثت بغير قصد المريخ بحشرات أرضية، وبمعنى عدم إطلاق حشرات مريخية حرة على الأرض. وعليه فهل كان قلقًا بشأن التهديد بعدوى مميتة تأتينا من العينات الصخرية؟ ولقد أخبر أحد الصحفيين مؤخرًا بأنه، ولو أنه من المهم أن تتصرف هيئة ناسا بمسئولية، فإن أى ميكروب مريخى سوف يجد صراعًا يائسًا لو أنه قام بتلويث البشر المحجوبين عنه تمامًا، لأنهم من وجهة نظر الحشرات، سوف يكونون غرباء عنه تمامًا. «أنا لست متأكدًا أن أى شيء، يمكن أن يتواجد على المريخ، ربما يُشكّل أى تهديدات للأرض» هكذا كان قوله[١٩]. مكررًا به مناقشة أو جدل جوكس «إذا كنت كبشر قد تلوثت بشيء عضوى مريخى فربما سأكون الوحيد»[٢٠]. وقد وافق على ذلك ضابط الحماية الحالى بهيئة ناسا ميشيل ماير **Michael Meyer**. «المتفق عليه أن استحضار شيء قد يلوث البشر، هو عمليًا صفر»[٢٠](*). وكان جوكس أكثر تفاؤلاً، معتقدًا أن المخاطر قد بولغ فيها. وذلك حين أعلن: «ليس ثمة عدل أو تقويم عادل لصرف أموال للحجر الصحى على العينات المريخية العائدة من أجل حماية الأرض»[٢١].

(*) وهذا التذييل جاء مكررًا أيضًا فى الكتاب، ولكن هذه المرة، لأن مصدر التصريحات هو المتحدث نفسه. (المترجم).

ولو أن معظم العلماء يستخفون بالرسائل الخطية أو الرسمية عن خطر الجراثيم المريخية، فإن الأمر قد برهن على أهميته بالنسبة لاهتمامات الناس. وبعض المجموعات أصبحت فى مربع أو زاوية التحديات القضائية. ويقول ماير «أنا لست قلقًا بشأن الباثولوجى، وإنما يتمثل أكثر كوابيسى شدة فى حشد من المحامين ينجحون فى وقف المهمة، لأنها لم تأخذ فى اعتبارها تلك الإمكانية[٢٢]. وقد وافق على قوله روميل الجيوكوكبى فى هيئة ناسا والخبير فى وجود حياة على المريخ جاك فارمر **Jack Farmer** بقوله: «مسألة الحماية الكوكبية يمكنها أن تمثل ماردًا نائمًا، وبمجرد إستيقاظة، فقد يمكنه أن يقرر مستقبل مهام استكشاف المريخ»[٢٣].

وبالرغم مما تم من عناية كبيرة لتقليص مخاطر التلوث البين كوكبى، يبقى التهديد قائمًا بأنه لن يمكننا عمل شىء حياله على الإطلاق. الحجر النيزكى المريخى **ALH 84001**، جاءنا بلطف من الطبيعة الأم. وليس ثمة مهمة قام بها بشر ومرتفعة التكاليف ولا خطاف آلى كنا فى حاجة إليه، ليحضر هذا الحجر إلى الأرض. هذا والمجموعة المعروفة من الأحجار النيزكية المريخية لا تمثل إلا شريحة رفيعة من ملايين الصخور المريخية التى سقطت على الأرض، والتى ستستمر تسقط مستقبلاً، وبعض التقديرات ترى أن كمية المواد المريخية التى تضرب الأرض قد تصل إلى أكثر من مائة طن فى السنة. ولو أن ماكاى وزملاءه لم يكونوا على خطأ فيما ذهبوا إليه من أن الـ **ALH 84001** قد أتت بأحافير ميكروبات مريخية إلى هنا، فماذا لو أن أحجارًا نيزكية أخرى قد أحضرت ميكروبات حية؟

لقد سئلت مرارًا خلال العام الماضى بواسطة أجهزة الإعلام، عما إذا كنت أعتقد أن من سمات ذلك الحجر أنه مُرصّع بالفعل بالباكتيريا المريخية. والسؤال يبدو عادلاً ولكنه فعليًا يفتقد المعنى فى توجيهه. وكما يقال إن الدليل هو أمر نسبى. وكما افتقدت قولة ماكاى وزملائه للبرهان، فإن نتائج عملهم من المحتمل أن يتم

تقويمها فى ضوء ما نعرفه بالفعل فيما يشبه الحياة فوق المريخ[٢٤]. وإذا ما كانــت الحياة فيما يفترض معظم العلماء، هى نتاج لواقعة غير متوقعة، فإن فــرص بــدء حياة مستقلة على المريخ تكون لا نهائية. (باعتبار أننا كوكبان اثنــان فــى نظــام شمسى واحد). وبالنسبة لبعض العلماء فإن العلامات فى الحجر النيزكــى ليــست مؤثرة أو مثيرة للإعجاب إلى هذا الحد. ولكن من الناحية الأخرى، لو أن أحدًا كان معقولاً فى تسبيب الاعتقاد بأن ثمة حياة على المريخ منذ ٣,٦ بليون سنة مــضت، فإن الدلائل التى قدمتها هيئة ناسا تكون بالضبط من النوع المتوقع العثــور عليــه. ولن يستغرق الأمر كثيرًا لإقناعى بأن الـ **ALH 84001** يحتوى علــى أحفــورات حقيقية، لأننى أعتقد بدورى أنه كانت هناك حياة على المريخ من ٣,٦ بليون ســنة ماضية. والسبب فى ثقتى بهذا المعتقد، لا يرجع إلى اعتقادى بأن الحياة ظهرت من خلال حساء مريخى بدائى (وربما تكون كذلك)، وإنما بسبب أن الكواكب لم تكــن أبدًا محجوبة عن بعضها الآخر.

الهوامش

(١) المريخ وقنواته "Mars and its Canals" لـ: برسيفال لويل "Percival Lowell" (Macmillan, New York, 1906, p. 376).

(٢) أعلنت ناسا NASA عام ٢٠٠٠ عن دليل أتت به مجسات المريخ (سيرفيور) Mars Global Surveyor عن أن المياه فاضت في المريخ، ربما في إحدى المرات الغابرة، وذلك بسبب سلسلة الارتفاعات المتطاولة في الوسط من القاع والمدى أو النطاقات المرتفعة للنصف الجنوبي من المريخ، والمتكونة جميعًا من الناحية الجيولوجية في وقت متقدم جدًا. (انظر في ذلك: دليل على أرض مائية تشكلت قريبًا من الثلج الذائب على سطح المريخ " Evidence for Recent Groundwater Seepage and Surface Runoff on Mars" لـ: م.س. مالين "M.C. Malin" وك. س. إدجت "K.S. Edget". (Scinece 288, 2330 (2000)). وفيما بعد كشف المجس (أوديسا) الذي يدور مع مدار المريخ عن علامات لذرات هيدروجين موجودة في التربة المريخية، وكان أفضل تفسير لها على أنها ترجع لجزيئات ماء في الجلاميد السرمدية. وبجمع ذلك مع الدليل على وجود مياه ثلجية في الطبقات القطبية تصبح كلتاهما مدعمتين لوجود مياه وفيرة في المريخ، ولو أن معظمها في شكل ثلج. ومع ذلك فإن تفسير وجود القنوات على المريخ كنتاج لمياه سائلة، قد قابله من ناحيته نيك هوفمان Nick Hoffman، من جامعة لاتروبي، Latrobe بأستراليا بتحدٍ واضح والذي نسب هذه الملامح (القنوات) إلى طبقة طينية خفيفة متكونة من الترسبات وثاني أكسيد الكربون الغازي القوام. انظر: الأخاديد القطبية النشطة في المريخ " Active Polar gullies on Mars" لـ: نيك هوفمان ((Astrobiology 2 (2002)).

(٣) ثمة إشارة عن تدفق نهري من خلال فوهات براكين في الأودية المسماة Valles Marineris. كما وردت معلومات من (Pathfinder) تقترح نشاط بركاني قريب.

(٤) ثمة آمال بريطانية انعقدت على Beagle 2، دافع عنها من الأرض كولن بيللينجر "Colin Pillinger"، من الجامعة المفتوحة "Open University" والتى ظهرت كجزء من مهمة إيسا المريخية "ESA's Mars Express mission" وسوف تشمل مثقابًا سيخترق التربة المريخية، ومن ثم قد يحمل مفاتيح عن الحياة من تحت سطح أرضه القريبة.

(٥) انظر على سبيل المثال: إمكانية وجود نظام بيئى كيميائى التركيب للقاطنين تحت سطح أرض المريخ "On the Possibility of Chemosynthetic ecosystems in subsurface habitats on Mars" لـ: بينيلوب بوستن 'Penelope Boston' وميخائيل إيفانوف Mikhail Ivanov وكريستوفر ماك كاى "Christopher McKey" ولتقدير مبسط وميسر انظر لنفس المؤلفين «فى ظل ما هو غير محتمل الحدوث: الحياة تحت الأرض فى المريخ "Considering the Improbable: Life underground on Mars".

(Icarus 95, 300 (1992)).

(٦) استطاع تيموثى كرال Timothy Kral من جامعة أركانساس 'Arkansas' فى فايتيفيل "Fayetteville" أن ينمى بنجاح كائنات ميثانية فى ظل الظروف المريخية فى قنينة Vessel حملت اسمًا دراميًا «حجرة أندروميدا» "Andromeda Chamber" والتى احتوت جوًا معبأ بثانى أكسيد الكربون والهيدروجين. وبذلك يُفترض أن الهيدروجين ينطلق أو ينبعث من الطبقة تحت سطح الماء فى المريخ بنفس الطريقة التى تحدث على كوكب الأرض.

(٧) البحث عن الحياة فوق المريخ "The Search for life on Mars" لـ: كريستوفر ماك كاى (Origins of Life and Evolution of the Biosphere 27, 263 (1997)) ولنظرة مبسطة وميّسرة انظر: (Astronomy, August 1997, p. 38)، كما أن هناك إمكانية أيضًا أن الصخور المدفونة فى الأغطية الثلجية قد تدفأت أثناء النهار وأذابت طبقة رفيعة من المياه التحت سطحية والتى قد تدعم الحياة لفترات قصيرة.

(٨) لمراجعة قريبة لمشاهد استكشاف آثار حياة على المريخ انظر: البحث عن الحياة على المريخ "The Search for Life on Mars" لـ: مالكولم والتر "Malcolm Walter».

(Allen & Unwin, Sydney 1999)).

(٩) محتويات الغاز النبيل من الشيرجوتيتات Shergottites، وتطبيقات عن الأصل المريخي للحجر النيزكي "SNC".

Noble gas contents of shergottites and Implications for the maritian " origin of SNC meteorites" لـ: د.د. بورجارد D.D. Bogard، و ل. إى نيكويست "L.E. Nyquist" و ب. جونسون "P. Johnson" وجيوشيم كوزموشيم " Geochim Cosmochim". ((Acta 48, 1723 (1984)). ولتقدير مبسّط وميسور انظر: حَجَرٌ، قُذف به من بين الكواكب "A stone's throw from the planets" لـ: أندرو تشيكن "Andrew Chaikin». (Sky and Telescope, February 1983, p. 122).

(١٠) إفادة من دانييل س. جولدنج مدير هيئة ناسا.

"Statement from Daniel S. "Golding, NASA administrator". (NASA News, Johnson Space Center, Press Release, 6 August, pp. 96-159).

(١١) مصدر الـ "The Source of ALH84001" ALH84001 لـ: دافيد ميتلفيلدت "David Mittlefehldt"

(The Planetary Report 17, 5 (1997)).

(١٢) البحث عن الحياة السابقة على المريخ: إمكانية وجود بقايا لنشاط بيولوجي في الحجر النيزكي المريخي"ALH84001" .

Search for past life on Mars: Possible relic biogenic activity in Martian " meteorite ALH84001 لـ: د.س. ماك كاى "D.S. MeKay" وآخر (Science 273, 924 (1996))، وثمة مراجعة قريبة في: حالة وجود حياة على المريخ " The case

"for life on Mars" لـــ: إيفـــريت جيبـــسون "Everett Gibson" وآخـــر .(Scientific American 277, 36 (1997))

(١٣) الدور الممكن للنانو باكتيريا (للباكتيريا المتقزمة) في الأوحال المعدنية الثانية للتكـاثر، وأهمية إعداد العينات في دراسة SEM المبالغ فيها أو المُعظَّمة.

"The possible role of nanobacteria (dwarf bacteria) in claymineral diagensis, and the importance of sample preparation in high magnification SEM study" لـ: روبرت فولك "Robert Folk" وليـوليتش "Leo Lynch" (Journal of Sedimentary Research 97, 583 (1997)). ومنذ فترة أكثر قربًا ادعى فيليب أووينز Philipp Uwins وزمـلاؤه مـن جامعـة كـوينز لانـد "Queensland" بأنهم تمكنوا من عزل عضو حي نانوى الحجم: انظر عضو حي نـانوى جديد في الحجر الرملـي الأسـترالي "Novel nano organism from Australian sandston" لـ: فيليب يووينز وريـشادر ويـب "Richard Webb" وأنتـونى تـايلور "Anthony Taylor». (American Mineralogist 83, 1541 (1998)).

(١٤) النانو باكتيريا في الدم هي أصغر وكيـل اسـتيلادى ناسـخ مـستقل علـى الأرض "Nanobacteria from blood, the smallest culurable autonomously replicating agent on Earth" لـ: أولافي كاجاندر "Olavi Kajander" وآخر.

(SPIE (The intenational Society for Optical Engineering 3111, 420 (1997)).

(١٥) المواد العضوية في الحجر النيزكي المريخـي "Organic Materials in a martian meteorite" لـ: آي. ب. رايت "I.p. Wright" و م.م. جرادى "M.M. Grady" و س.ت. بيللينجر "C.T. Pillinger" (Nature 340, 220 (1989)).

(١٦) دروس من التطور: السيطرة على المخاطر "Lessons from evolution: ruling out danger" لـ: تومـاس جـوكز "Thomas Jukes». (The Planetary Report 14, 14 (1994)).

(١٧) ستجدها في: إلى حيث لم يذهب أحد: ما الحماية الكوكبية على أي حال؟ "**Where no one has gone before: what is planetary protection anyway?**" لـ: جون رومل "**John Rummel**" وميشيل ميير "**Micheal Meyer**». (**The Planetary Report 14, 5 (1994)**).

(١٨) عودة عينة مريخية: أفكار مبدئية وتوصيات "**Mars Sample Return: Issues and Recommenda-tions**" لـ: كينيث نيلسون "**Kenneth Nealson**" وآخر.

(National Academy Press, Washington (1997), p. 3).

(١٩) مقابلة مسجلة مع تيم رادفورد "**Tim Radford**" من الجاردیان "**Guardian**" (**U.K**) في العام ١٩٩٦.

(٢٠) اقتباس من: الكون الطبيعي **The natural Universe** لـ: رايدرميللر **Ryder Miller**.

(Mecury 26, 28 (1997)).

(٢١) انظر التذييل رقم ١٨ نيلسون وآخر، ص ١٥.

(٢٢) انظر التذييل رقم ٢٠.

(٢٣) اكتشاف دلائل في المريخ عن حياة قديمة أو حالية قواعد المهام المعتمدة على الروبوت أو القائمة على الإنسان "**Exploring Mars for Evidence of Past or Present Life: Roles of Robotic and Human Missions**" لـ: جاك د. فارمر "**Jack D. Farmer**" وهو تلخيص لبحث تم تقديمه في مؤتمر «الأصول» الذي انعقد في حديقة إستس "**Estes**" بكلورادو في مايو ١٩٩٧.

(٢٤) هذه الفكرة الحدسية يمكن مساواتها مع ما يسمى قاعدة بييز "**Bayes rule**"، والتي تعود عادة على الدليل المقدم في المحاكم. وعلى سبيل المثال افترض أن متهمًا قد حُوكِمَ واقترب من الحكم بأنه مذنب، ثم تم تقديم طبعة إصبع إضافية للمحكمة، وتم اطلاع المحكمين

Jury أن فرص بصمة الإصبع القائمة على المصادفة هي عشرة إلى واحد. فإن هذا سيكون كافيًا لإدانة المتهم. ومن الناحية الأخرى إذا بدا أن المتهم اقترب من البراءة. وبصمة الإصبع كانت أقل قيمة أو أهمية فستكون من المغالطة التوصل لنتيجة في حالة العشرة إلى الواحد تلك بأن هناك ٩٠٪ من الفرص للإدانة. المميزات من اللازم موازنتها بالاحتمالات الأولية للإدانة قبل أن تتم حوسبة الأرجحية الكليّة. وفي حالة الحياة على المريخ، فإن الاحتمـــال المبـــدئي يتنوع دراميًا من الاقتراب بالطبع إلى الصفر إلى حد شيء قريب من الواحد، اعتمادًا علـــى افتراضك حول «الديدان في كل مكان **"Panspermia"** (انظر: الفصل التاسع).

الفصل التاســـع

«بانســيبرميا»(*) Panspermia

دعنا نتخيل موقعًا في عمق الفضاء الخارجي، على بعد سنوات ضوئية من أقرب النجوم. وكل ما حولك هو هاوية مما كان قبل تشكُّل الكون، مظلمة إلى حد السواد ودرجة الحرارة تحوم حول ما هو أكثر بقليل من الصفر المطلق، يمتد فيها الفراغ أو الخواء الغائر في كل الاتجاهات، ولا يشغله سوى القليل من البذرات المتناثرة، وقليل أيضًا من الإشعاعات الكونية الصدفوية والسريعة الزوال. وفي وسط هذا الفراغ الفسيح، ومن دون توقع، وجدت حبة أو ذرة منفردة من مادة، وصغيرة جدًا إلى الحد الذي لا تلحظها فيه العين المجردة. وتجدها مندفعة دونما يعوقها شيء في عبورها للمجرة من دون هدف محدد تصبو إليه. وحتى لو تيسر لك استخدام ميكروسكوب قوى فلن تثيرك، حيث ستبدو لك كبقعة من التراب. والواقع أن هذه البقعة الترابية ليست مجرد تراب، وإنما هي بوغة بكتيرية، وذلك من خلال بحث أكثر قربًا.

وهذه البوغة لا تظهر علامات واضحة تشير إلى الحياة، فهي داخل غطاء غليظ يحميها. ستجدها هزيلة متخلصة من الماء بعنصرية وفي حالة ساكنة، إنها مجرد جزيء قادر فقط على الحركة في مثل هذه البرودة الكثيفة. وهي في حالتها تلك قد تعرضت لإشعاعات كافية لقتل آدمي، وما هو أقوى من الآدمي لأكثر من ألف مرة. ومع ذلك وعلى نحو مباشر فهي ليست ميتة، كما لا يمكن واقعيًا

(*) ويعني بها التعبير الذي نحته الكيميائي السويدي سفانت أرهينيوس Svante Arrhenius، بما يفيد: «البذور في كل مكان»، وسيلي شرح النظرية في ثنايا الفصل (المترجم).

إعتبارها حية كذلك، فهى لا تفعل شيئًا سوى الانتظار. وهى ربما تنتظر بليون عام، بل ربما للأبد. ولكن هناك فرص لا نهائية العدد بأنها ستصل يومًا ما إلى كوكب فيه ماء سائل. وحينئذ وفجأة بعد ألف ألف عام من الكسل الذى لم يقلقه شىء، فإن البوغة سوف تعود من مثل هذا الشبيه بالموت، حيث روحها البكتيرية سوف تبدأ فى الاهتزاز، وبنك ذاكرة المعلومات الجينية فيها سوف يستشعر الدفء، وسوف أيضًا تعود دورة التمثيل الغذائى فى مباشرة وظيفتها وعلى الجملة سوف تستعيد حيوتها الكاملة مرة أخرى. وعند حدوث ذلك، فسوف تبدأ فى مضاعفة ذاتها مرات ومرات، كما كانت من قبل خلودها للسكون. فالكوكب الجديد سيكون عامرًا بما يساعد على تخصيب الحياة. وهو أيضًا ربما يكون بالذات كوكب الأرض.

ذلك السيناريو قد لا يكون قابلاً للتصديق بالكامل على الأقل ظاهريًا. لكن حديثًا أُخذ على محمل الجد عبر عدة تجارب استهدفت اختبار جديته. ففكرة أن العضو الحى يمكنه أن يتكاثر عبر الفضاء سواء بالطريقة التناسلية أو الأسلوب اللا تزاوجى، كانت طويلاً فى الأذهان. ففى عام ١٨٢١ اقترح «سيلز جيون دى مونتليفو» **Sales- Gyon de Montlivault** أن بذورًا جاءتنا فى الفضاء هى التى قدحت زناد الحياة. وبعده بقليل اقترح الفيزيائى الألمانى «هـ. ريختر» **H.E. Richter** أن الأحجار النيزكية أو المذنبات التى تماسّت مع أجواء الكواكب ربما تكون جرفت معها أنظمة ميكروبية طافية فى تلك الأجواء ونقلتها إلى كواكب أخرى.

وباستدارة القرن العشرين طور الكيميائى السويدى سفانت أرهينيوس.**Svante Arrhenius** هذه النظرية من خلال مزيد من التفاصيل. فقد اقترح أن البواغى المنفردة الباكتيرية تستطيع أن تطوف فى الهواء حول المجرة وهى مغمورة بطبقة رفيعة، ولكن متراكمة من ضغط ضوء النجوم. والأرض الناشئة أو الوليدة فقد غمرتها فيما يشبه المطر هذه البواغى الساكنة أو الهامدة

ولكنها مازالت قابلة للحياة من جديد، وربما برهنت الأرض على أنها هدف مرغوب لهذه الحشرات الفضائية، وذلك بمجرد أن برد سطح الأرض بدرجة كافية. وقد سمى أرهينيوس هذه النظرية بـ: بانسبيرميا **Panspermia**، يريد بها أن البذور فى كل مكان[1]. وهى الفكرة التى روجعت مرات عديدة منذ نشر المفهوم الرئيسى لها.

وحتى الآن فى هذا الكتاب فقد افترضت أنها مهما كان اللايقين بشأن «أين» و«كيف» فإن جذور الحياة ترجع للأرض. ولكن هل نحن متأكدون من ذلك وكيف نتأكد؟ وحقيقة أن الحياة قد أنشأت نفسها على كوكب الأرض بعد قليل من تحول الظروف إلى شيء مرغوب، هذه الحقيقة جعلت البعض يقترح أنها لا بد جاءت من الفضاء الخارجى، وأن الإحياء النشوئى الحقيقى قد حدث فى مكان ما آخر فى الكون.

البقاء حيًّا فى الفضاء:

هل من الموثوق به أن العضويات الحية تستطيع أن تبقى حية خلال رحلة فى الفضاء؟ من الصعب جدًا أن يكون الفضاء الخارجى بيئة مريحة للحياة. فإلى جانب الفراغ القاسي والضغط المنخفض، فهناك الإشعاع: والذى يتضمن الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس، وبروتونات عالية السرعة من المتوهجات الشمسية، والأشعة الكونية. وهذه الظروف سرعان ما يتضح أنها مهلكة لأى شكل من أشكال الحياة المعروفة. ومع ذلك، وبالرغم من تلك المخاطر، فليست كل النظم الحية تلقى منيتها من فورها وبسرعة فى الفضاء الخارجى. فالباكتيريا مثلاً لها قدرات أسطورية على البقاء، وعليه فهى تظهر سهولة فى التكيف والحركة الارتدادية للحياة بعد همود، مهما طال وقته فى مثل هذه المشارطات الفضائية.

وقد استخدم العلماء من المعهد الألمانى لطب الفضاء German Institute for Aerospace Medecine تقرير هيئة ناسا «مدى إمكانية التعرض الطويل»Long Duration Exposure Facility لمعرفة ماذا يحدث للعصويات الرقيقةBacillus subtillis[٦]،(*) فى الفضاء. فقد مكنت سلسلة من الفلاتر العلماء من الاختبار المنفرد لتأثيرات الفراغ الفضائى، والأشعة فوق البنفسجية الشمسية والكونية فضلاً عن الأشعة الكونية ذاتها. وباسترداد العينات من التجارب على تأثير الفراغ الكونى فلم يبق قابلاً للحياة إلا ما يصل إلى ٢٪ فقط من الخاضعين للتجربة. وبوجود طبقة من السكر والملح أضافت تحسنًا على المشهد. وبالنسبة لاختبار جميع أنواع الإشعاعات فلم يبق قابلاً للحياة سوى ١ من كل ١٠,٠٠٠، ولو أن ما عليها من حجاب (الكيس الذى يغطيها) قد حماها من الأشعة الفوق بنفسجية الشمسية على نحو هائل.

ومن ناحيتهم، فقد أثبت أيضًا العلماء فى اليابان أن الكثير من الميكروبات الجزيئية من خلال تجارب معملية مشابهة صممت على أساس مشابهة الظروف الفضائية لمدة ٢٥٠ سنة[٣]. فقد أحكموا غرفة فارغة تمامًا على بواغ من «العصويات الدقيقة»، وقاموا بتبريدها إلى درجة ١٩٦ مئوية وأمطروها بوابل من البروتونات السريعة من خلال مولد من نوع «فان دى جراف» Van de Graaff لمدة ٢٤ ساعة متصلة، فوجدوا أن نصف العينات فقط هى التى تحملت البقاء فى ظل هذا الانقضاض الضارى، بينما ذهب السبق لصالح نوع من فيروسات الدخان الشبيهة بالفسيفساء، حيث بقى حيًا منه فى نهاية التجربة ما يقرب من ٨٥٪ من الفيروسات.

(*) ويطلق هذا الاسم على الجرثوم الدقيق الذى يشبه العصا فى شكله، وجمعه عصيات أو عصويات وهى المسببة لالتهاب القولون والأمعاء والملتحمة، وعندما يطلق كلمة Bacillus وحدها دون تحديد فتعنى مجموعة من ثلاث، الجمرة الخبيثة anthracis والشمعية cereus وتلك الموضحة أعلاه (المترجم).

كما ذهب كل من بيتر ويبر **Peter Weber** ومايو جرينبرج **Mayo Greenberg** من جامعة ليدن **Leiden** بالأراضى الواطئة (هولندا) إلى بحث[٤] تأثيرات الإشعاعات الفوق بنفسجية (وهى أكثر أشكال الأشعة إهلاكًا فى الفضاء)، حيث قاما بتبريد البواغى فى غرفة خالية أيضًا إلى درجة ٢٦٣ مئوية تحت الصفر (بالضبط أعلى من درجة الصفر المطلق بعشر درجات)، وذلك لخلق الشبه بينه وبين برودة الفضاء العميق، بينما وجهوا إليها حزمة من الأشعة فوق البنفسجية تصدرها لمبة خاصة. وفيما يعادل حالة التعرض لضوء نجمي لمدة ٢٥٠٠ سنة، قتلت ٩٩,٩ فى المائة من العضويات الحية. ومن الغريب ما بدا من أنها تميل للبرودة، حيث تتزايد مدد بقائها بشكل ملحوظ فى درجات الحرارة البين نجمية.

مثل احتمال هذا الأثر الإشعاعى يتيح معنى للتطور، ما لم تكن الحياة قد قضى عليها عبر إشعاعات «عنق الزجاجة» بما يعنى ظروفًا صعبة فى مرحلة من مراحل الماضى. وإذا كانت بعض الميكروبات قد أُجبرت على التكيف مع هذه الإشعاعات الشنيعة للفضاء الخارجي، فإن مثل تلك القدرة قد تكون باقية فى عضويات يومنا هذا.

وقد سجل «هويل» **Hoyle** وويكراما سنجى **Wikramasinghe** حالة باكتيريا من النوع الكروى الشكل النزاع للإشعاعات **Micrococcus radiophilus**[*] والتى لديها مقاومة مدهشة للإشعاعات، والتى أظهرت آلية خاصة لإصلاح شرائط الدنا، والسابق تأثرها بشدة من جراء أشعة إكس[٥]. وهذه الكرويات الصغيرة الماهرة تشبه كثيرًا أن تكون من نتاج بيئة بين نجمية.

ومهما كانت القوى المدهشة اللازمة لمقاومة التدمير الإشعاعى، فإن فرص بقاء ميكروب حتى فى رحلته بين النظم النجمية سوف تكون متزايدة، لو أن الأشعة كانت محجوبة عنه ولو جزئيًا، ولو أيضًا بطريقة

(*) وهى: عضويات ميكروبية بالغة الصغر ذات شكل كروى (المترجم).

مبرقعة. وقد اقتــرح ويبــر وجرينبــرج أن الميكروبــات قــد اعتلــت إحــدى السحب البين نجمية والتى يمكن أن تمثل لهــا نوعًــا مــن الحجــاب أو الوقايــة. ومثل هذه السحب مألوفة فيما بين الــذراعين اللــولبيتين للمجــرة، وفيمــا بــين كل قليل من عشرات الملايين من السنين يمــر النظــام الشمــسي عبــر واحــدة منها. والميكروبات الموجودة فى أعلى الغلاف الجــوى لــلأرض، يمكــن لمثــل هذه السحابة أن تكنسها أمامها، وربما لتنقلها إلــى نظــام نجمــى آخــر. ومــن ثم، وعلى سبيل الإنطلاق فى المجــال، فــإن أى ميكــروب غريــب مقــيم فــى سحابة، ربما ينتقــل إلــى الأرض. ومــن الناحيــة النموذجيــة، فــإن الــسحب تتحرك بسرعة تقترب مــن عــشرة كيلــومترات فــى الثانيــة، وهــى بالتــالى تستغرق ما يقرب من مليون سنة للمرور من نجــم إلــى نجــم. وبــالرغم مــن رقتها بالمقاييس المعتادة، فهى كبيرة الحجــم لدرجــة تــستطيع بهــا أن تعــوق الكثير من الإشعاعات. وأيضًا يــستطيع أى ميكــروب مطــوف فــى الهــواء أن يلتقط الكثير من المتطايرات الأخــرى، مثــل الثلــوج والعــضويات فــى أثنــاء مروره بها، مما يشكل بالنسبة له مزيدًا مــن طبقــة الحمايــة. وقــدر كــل مــن ويبر وجرينبرج أن هذا الغطاء التجميعــى يمكنــه أن يحمــى مــن الإشــعاعات الكونية ويطيل مدة بقائهم لعدة ملايين من الــسنين، وهــو وقــت كــاف لبلــوغ نظام نجمى آخر.

والمشكلة مع البوغ المرتحل تكون لدى وصوله لنظام نجمى آخر فهو هنــا سيتلقى جرعة ضخمة من الأشعة فوق البنفسجية، وإن لم يكن عليه غطاء مناســب من مواد قابلة للامتصاص، فسيقترب منه «الموت». ولذلك كان حدس[٦]. «بــول ويسون» **Paul Wesson**، من جامعــة واترلــو بكنــدا، يتحــصل فــى أن الـــــ «بانسبيرميا» قد تصل إلى مقرها الجديد وهى مغطاة بما يكفــى مــن «الــسخام». وذلك أن النجوم خلال تقدمها فى العمر تنفث تيارًا من نقاط الكربون. والميكــروب الملقى تحت رحمة الهواء فى الفضاء البين كوكبى يمكن أن يصبح – علــى نحــو مفهوم – مرشوشًا بقانورات أو أوساخ تكفيه لتخطى محنة الأشعة فوق البنفسجية.

وبالطبع فليس من الضرورى لنجاح عملية الـ «البانسبيرميا» أن ينجو كل ميكروب فضائى يطوف فى رحلة ما بين النجوم، لأنه يكفى نجاح باكتيريا واحدة فى البقاء والعثور على كوكب مناسب ليكون بالنسبة لها موطنًا[٧]. لأن الحياة يمكنها أن تتناثر حول الكون لو أن الميكروبات قد ماتت رسميًا لدى وصولها. وطبقًا للنظرية العالمية للرنا، وطبقًا لتجارب «سبيجلمان» **Spiegelman** و «ايجن» **Eigen**، التى تناولتها فى الفصل الخامس، فإن «حساء» بدائيًا كيماويًا يمكن أن يُقدح فيه زناد الحياة والتكاثر من خلال إعادة الطبع، لو أُضيفت إليه طبيعة رنا مناسبة، ومجرد شريحة طويلة من الرنا ربما تعاود بدء العملية كلها الخاصة بالنشوء الإحيائى ولو بشكل بدائى: ومن الناحية التقنية فإن الحياة يمكن أن تنشأ مجددًا، ولكن بإضافة سوفت وير حيوى كجزء مُقدَّم للعملية عبر الفضاء الخارجي.

ومع أن تلك الأفكار الخاصة بالـ: «بانسبيرميا» العارية تعتبر مثيرة ومسلية، فقد وجدت من الصعب أخذ النظرية بجدية. فى حين أن انتقال العضويات المعزولة والمعرّضة بين الكواكب هو أمر ممكن نظريًا فإن الخلافات كثيرة ضدها. فالأمر لا يشبه الكثير من الحالة النموذجية أن ترتحل الميكروبات عبر المجرة فى وقت نجد فيه الإشعاعات بهذه الكثرة المهلكة. ومع ذلك فثمة طريق آخر للميكروبات لكى تقوم بهذه الرحلة بشكل آمن نسبيًا، وهو المتمثل فى أن يمتطوا حجرًا نيزكيًا.

هل جاءت الحياة للأرض عبر الأحجار النيزكية؟

فى عام ١٨٤٣، حصل الكيميائى جونز برزيليوس **Jons Berzelius** على عينات من حجر نيزكى سقط بالقرب من مدينة «آلبى» **Alais** بفرنسا. وبعد أن أخضعها لتحليلات كيماوية مُدققة كتب تقريرًا عن محتوياتها. ونعلم أن معظم الأحجار النيزكية ذات طبيعة حجرية أو معدنية، ولكن برزيليوس رصد فيها وجود

مجمعات كربونية. والكربون قد يعنى أشياء عديدة، ولكن بالنسبة لـــه فهـــو يعنـــى الحياة. وعليه فهل يتضمن كربون هذا الحجر الساقط فى فرنسا أن ثمة حيـــاة فـــى غير كوكب الأرض؟ لقد ترك بزريليوس السؤال معلقًا، ولكن باحثين جاءوا بعـــده كانوا أكثر صراحة ومباشرة فقد اســتطاعت «مارســلين بورثيليـــت **Marcellin Borthelot** أن تعزل مادة شبيهة بالفحم (**Coal-like**) من الحجر النيزكى أورجويل **Orgueil** لعام ١٨٦٤ والذى كشف تحت الميكروسكوب عن حبوب كروية مغطـــاة بمادة كربونية، وهو ما ذَكّرها بأحفورات الخلايا الباكتيرية.

مع نهايات الثمانينيات من القرن الماضى أعلن بشكل مباشـــر الجيولـــوجى الألمانى «أوتوهان» **Otto Hahn** أنه اكتشف مدى عريضًا مـــن أشـــكال الحيـــاة الأحفورية المدفونة داخل عينات متنوعة من الأحجار النيزكية، ومنهـــا المرجـــان **Carals**(*) مثلاً، ولم يؤخذ وقتها ادعاء هان فى الحسبان رغم ما له من تـــأثيرات. وقال النقاد إنه ربما ذهب بعيدًا فى ملاحظته، حين عثر علـــى بعـــض المعـــدنيات المتضمنة على نحو زائف ما يشبه الأشياء الحية، مثل الناس الذين يرون وجوهًـــا على الحجر وفى السحب، ومع ذلك فقد أمسكت فكرة أن الحياة جاءت على الأرض على قمة حجر نيزكى بأذهان العلماء العديدين، ولم تزل الدعاوى القائلة بوجود أو اشتمال الأحجار النيزكية على علامات للحياة مستمرة إلى اليوم.

ومثل هذه الدعاوى لا يمكن إخضاعها بدقة للاختبارات ما لم يحدث تقدم فى التقنية العلمية. ومع ستينيات القرن الماضى حث التقدم الهائل فى التحاليل الكيماوية كلاً من «بارثولوميوناجى» **Bartholomew Nagy** و«جورج كـــلاوس» **George Claus** من أمريكا على إعادة النظر علـــى حجـــر أورجيـــل **Orguel** النيزكـــى. باستخدام مقياس طيف كبير، وأكدًا وجود مواد عضوية وتنوعًا من مركبات معقدة من الهايدروكربون. وكانت هذه هى مجرد البداية لأن ناجى وكلاوس أبديا أيـــضًا

(*) نوع من الحجر القرنفلى اللون أو أحمر فى العادة، وهو الذى يتشكل من عظام الحيوانات البحرية الصغيرة، كما يتسمى به نوع من أنواع السمك. (المترجم).

أنهما اكتشفا ما اصطلحا على تسميته «عوامل منظمـــة» **Organized elements**، وأضافا إلى ذلك الخلاصة المؤثرة التي انتهيا إليها بأن المادة العضوية في الحجـــر النيزكي كانت تشبه أن تكون ذات أصل عضوى[٨].

وكما هو متوقع، فقد أشعلت هذه التـــصريحات عاصـــفة مـــن الانتقـــادات. فالهيدروكربونات تنوعت نسبتها أو إرجاعها للتلوث الأرضى أو العمليات الكيماوية الأرضية. وقد قَبِل كلاوس بتواضع بعض هذه الانتقادات، واتجه لإجراء مزيد من الدراسات. ولم يكد الحجر يستقر في مكانه حتى أتت ضربة الحظ في ٢٨ ســـبتمبر ١٩٦٩ حينما شوهد حجر نيزكـــي يـــسقط بالقـــــرب مـــن بلـــدة مورشيـــسون» **Murchison** في الجنوب الشرقي من أستراليا. وحدث لهذا «الشيء» أن انفجر في قلب الهواء قبل وصوله، ناثرًا على الأرض الريفية العديد من الـــشرائح. وشـــرع السكان المحليون في التقاط قطع غليظة وغريبة المظهر من الأحجـــار الـــسوداء، الصادرة عنها رائحة قوية نفاذة مشبعة بالميثانول. وسرعان ما أصبح ذلك مثـــارًا لاهتمام جون لوفيرنج **John Lovering** من جامعة ملبورن، والذى أبـــدى تقـــديره الفورى لطبيعة تلك المواد. لقد كان حجـــر مورشيـــسون ينتمـــى لنـــوع يعـــرف بالمعتمدات على الطبيعـــة الكربونيـــة (أى يمثـــل الكربـــون عمودهـــا الفقـــرى) **Carbonaceous chondrites**، والذى يتميز بالثراء العضوى، ولذلك دامت الرائحة المتميزة حتى يومنا هذا.

ومنذ استعادة تلك الشرائح المورشيسونية، فقد صارت موضع إثارة الكثيـــر من مشاهديها، وتم إخضاعها لمجموعة اختبارات توصلت لنتائج لا تخطئها العـــين أو العقل، فمن بين ما عثر عليه نوع من الأحماض الأمينية المستخدمة في الحيـــاة الأرضية ونوع آخر غير ذلك. وهذا ما أبرز السؤال الواضح: هل هذه العناصـــر العضوية هي البقايا المتلاشية لعضويات من خارج الأرض؟ أو أنهـــا شـــكل مـــن أشكال العمليات الكيماوية البسيطة؟ وثمة عامل قد حُمِّل على هذا الـــسؤال، وهـــو اكتشاف أن بعض الأحماض الأمينية في ذلك الحجر لها محور يسارى الموضـــع،

فوق اليمينى الموضع للسكان الشمسيين. وكما شرحت فى الفصل الثالث أن واحدًا من السمات المميزة للحياة على الأرض هو صناعتها واستخدامها أحماضًا أمينية متنوعة، ولكنها يسارية المحور فقط، ومن ثم، فإن الخط الانحرافى ذاك فى الحجر النيزكى قد يجعلنا نفكر فى أصل بيولوجى، ومن الناحية الأخرى، فمن المعروف جيدًا كعمليات فيزيائية (مثل الإضاءة بنور تم استقطابه) ما يمكنه أن يعزز تركيب الأحماض الأمينية يسارية المحور[٩].

وقد أثبت حجر مورشيسوس شيئًا واحدًا على الأقل. وهو أن هناك أشياء فى الفضاء محملة بنوع من المجمعات العضوية التى تحتاج لبدء الحياة. وهذا لا يتطلب «حساء» بدائيًا على الأرض لتركيب «لَبِنَات» بناء الحياة. هذه العناصر يمكنها فقط أن تسقط من السماء جاهزة الصنع.

هل أتت الحياة الأرضية من المريخ؟

بالرغم من أننى قضيت العمر فى مجال البحث العلمى، فلا أستطيع تذكر أكثر من دستة من الأفكار الجذرية الحقيقية، وقد كنت أحلم بدخول هذه الأفكار الجيدة بالتدريج إلى وعيى الذاتى، وتختمر فيه قطعة بقطعة أثناء استغراقى فى العمل. أما الكشف المفاجئ والومضات العمياء للبصيرة، فأعتقد أنها قليلة فعليًا فى المجال العلمى. وواحدة من اللحظات التى لا أنساها والتى حدثت لى فى يوليو ١٩٩٢، عندما كنت أتابع محاضرة يلقيها «لليود هاميلتون **Lloyd Hamilton** عبر مؤتمر أو لقاء أعدته «الجمعية المشتركة بين أستراليا ونيوزيلندا لتقدم العلم **Australian and NewZealand Associtionfor the Advcement of Science** بمدينة برسبين **Brisbane**، وكان المحاضر يتحدث عن المناخ التحت أرضى، مناقشًا فى ذلك عمله عن العضويات التى تعيش فى الصخور الأرضية. وبعيدًا عن موضوع المحاضرة، ولكن أثناءها، فقد خطر لى أن الأحجار الواضحة الصلادة

يمكن أن تعيش بداخلها ميكروبات، وإذا كانت الأحجار يمكنهـا أن ترتحـل مـن المريخ للأرض (أو العكس) عبر حطام التصادمات الكونيـة، ومـن ثـم تـصبح الميكروبات نوعًا من المقتبسات المُختصرة وتقوم بتلويث الكواكب خلال عبورهـا بينها. لأنها مع الأحجار كوقاء يحميها، فستكون رحلتها أقل تعرضًا للمخاطر، عما كانت عليه في نظرية «أرهينيوس»، وبصفة خاصة فإن الميكروبات ربما اجتازت الرحلة بين المريخ والأرض على هذا النحو. ولقد أبرزت الموضـوع فـي شـكل سؤال بنهاية المحاضرة، إلا أن اقتراحي بدا صعبًا على نحو ما، وعليه لـم تمتـد المناقشة حوله. ومع ذلك استمررت في تطوير الفكـرة خـلال الـشهور التاليـة، وتناولتها في محاضراتي بجامعة «ميلان» **Milan** في نوفمبر ١٩٩٣، ومرة أخرى كانت الاستجابة صامتة. ومن دون أي ترويـــع أو تثبيـــط للهمـــة ضمـــنت حـــدسي في كتـــابي الصغيـــر «هل نحن وحدنا؟» **Are We Alone**، الذي نـشر في العام التالي. وبعد بعض الوقت اكتشفت أن «جاي ميلـوش **Jay Melosh** مـن المعمل القمري الكـوكبي **Lunar and Planetory Labaratory** التـابع لجامعـة أريزونا، قد وصل بشكل مستقل إلى نتيجة مشابهة[١٠].

وأخيرًا لم يعد هناك جديد تحت الشمس، وكنا أنا وميلوش أول مـن سـلط الضوء على إمكانية احتمال سفر الميكروبات بين الكواكب داخل الأحجار المنفصلة عنها. وباكرًا في ١٨٧١ لا أحد من العلماء سوى «لورد كـيلفن» **Lord Kelvin**، كان قد أشار إلى أن تصادم جسم في الفلك مع كوكب، ربما يخلف حطامًا كثيـرًا، وهكذا «من دون شك يتناثر في الفضاء كثير من الشظايا الكبيرة والصغيرة، حاملة معها بذورًا ونباتات وحيوانات حية». وفي كلمته أمام الجمعية البريطانية **British Association** في «إدنبرة» **Edinburgh**[١١] حدس كيلفن أن هذه الـشظايا تـصل أخيرًا لكواكب أخرى و «تعديها» بالحياة.

«لأننا واثقون أنه يوجد حاليا، وكان كذلك من أوقات أزلية، عوالم من الحياة إلى جانب حياتنا، فلا بد أن نلاحظ أنه من القابل للتصديق بأعلى درجة أن هنـاك

مالاً يعد، ويحصى من الأحجار النيزكية تحمل بذورًا تطوف حولنا عبر الفضاء، وفى اللحظة الحالية إذا لم تكن ثمة حياة على الأرض، فربما حجر ما يسقط عليها.. يؤدى إلى أن تصبح مغطاة بالحياة النباتية»، وإذا كانت الحياة بالضرورة تستطيع أن تُبَثّ من كوكب لآخر، فإننا لا نستطيع أن نكون متأكدين أن الحياة الأرضية قد بدأت على الأرض. فهى على سبيل المثال قد تكون قادمة من المريخ[١٢]. فنحن نعلم أن الميكروبات الأرضية تعيش بالأعماق الصخرية. فلو أن هناك حياة على المريخ أيضًا، فيبدو أنها بدأت فى شكل العضويات التى تتغذى كيميائيًا **chemotrophs** والتى تعيش تحت السطح. وعليه فإن الشظايا الصخرية المنفصلة عن المريخ عبر تصادم كونى معه ربما تحتوى على نظام ميكروبى فى داخلها وفى وثبتها مع الصخرة، فقد تنجح الميكروبات المريخية فى الانتقال لكوكب الأرض.

ولأول وهلة يبدو أن النظرية قد عانت من عقبة رئيسية: أليست هبة قوية يمكنها أن تدفع حجرًا ضخمًا عن أمه إلى الفضاء سوف تدمر فورًا انسحاقًا لأى حياة ميكروبية داخل الحجر؟ والغريب أن الإجابة هى: لا، ذلك أن الميكروبات محمية لصغرها البالغ. وبوضع الأرقام فى المسألة فإن قوة تدفع صخرة من المريخ بسرعة هروب (٥ كيلومترات فى الثانية سوف تؤدى إلى تزايد تسارع الميكروبات إلى ١٠,٠٠٠ مرة من عجلة الجاذبية الأرضية)، وهذا الدفع الهائل بالتأكيد سيسحق أى حياة ميكروبية. ومع ذلك فإن الأبعاد الرفيعة وحجمها الضئيل من المحتمل أن يجعلها تقاوم هذا التسارع الضخم والقوى وتترك المريخ دون أدنى ضرر يقع عليها.

ومع ذلك فثمة مخاطر جادة فى عملية الخلْع هذه، فإن التصادم الكونى سوف ينتج صدمة موجية تضغط على جوانب الحجر. ومثل كل المواد، فإن الحجر يسخن أثناء انفصاله من وطأة الضغط، وحتى ضغط متواضع، سوف يرفع الحرارة إلى قيم أو مستوى مُهلك. وإلى وقت قريب افترض الجيولوجيون أن جانحة أو

زلزالاً قادرًا على دفع الصخرة إلى مدار سوف تـؤدى أيـضًا إلـى انـصهارها. والتجارب المعملية من ناحيتها أشارت إلى أن أى مادة منفصلة هكذا سوف تعـانى من ضغط هائل – يعادل ضغطًا تطبيقيًا يساوى ١,٥ ميجابـار. ولكـن اكتـشاف الأحجار النيزكية المريخية أثبت أن هذه النظرة كانت خاطئـة. ولـو أن بعـضها ظهرت عليه علامات لضغوط تسخينية متواضعة. والبعض الآخر قد هـرب مـن المريخ دون أى اضطراب.

تعامل جاى ميلوش مع المشكلة: كيف لحجر يمكن دفعه إلى الفضاء عنـوة دون أن يتهشم خلال العملية؟ ولجأ فى ذلك لنماذج رياضـية تفـصيلية للتـصادم الكونى ووضع الصورة التالية للأحداث. فى البداية سـيقوم الكويكـب أو المـذنب الصادم بإحداث حفرة فى الأرض. والطاقة المحررة من هـذه الـضربة سـتكون هائلة، لدرجة أن معظم أجزاء المُصادم ستتبخر. ومباشرة تحت نقطة الصفر فـى الأرض، فإن هذه الطاقة سوف تقذف بالحجر وهو فى حالة انصهار أو تبخّر فـى معظمه كنتيجة متلازمة مع القذف. وبعدئذ تتوالد الموجة الضاغطة ناثرةً كـل مـا يحيط بها على الأرض وما فى أعماق الأرض فى الموقـع، والطاقـة المرنـة أو المطواعة، سوف يتم تخزينها تحت سطح الصخور، كنتيجة لهذا الضغط وسـوف تتحرّر مرة أخرى بعد ارتداد الأشياء وارتطامها، وهذا ينشئ قـوة رأسـية هائلـة أيضًا نحو الطبقات الأعلى. وعلى غير ما عليه الطبقات الأدنى، فإن صخرة علـى السطح لا يمكنها أن تنضغط، لأنها ستكون حرة فى الحركة لأعلى، والقوة الوحيدة التى قد تقف فى وجه ذلك هى قوة الضغط الجـوى، والتـى يمكـن إغفالهـا أو التغاضى عنها. وهنا يقذف السطح المواد عاليًا فى اتجاه السماء دون أن تنـسحق، فسوف تطير مباشرة إلى الفضاء إذا ما كانت القوة بدرجة كافية. أما الحفرة التـى أحدثها التصادم فليست أكثر من انبعاج فى الأرض كشق حفرته قوة الدفع العلـوى المفاجئ، وسوف يكون أكبر مرات عدة من حجم المصادم نفسه. وكثير من المواد المحيطة بجوانب الفوهة، سوف تندفع عاليًا بدلاً من قذفها لأسفل الحفرة بواسـطة

الضربة. وإضافة أخرى: حيث سيتسبب الشيء القادم من إخلاء نفق ضـخم فـى الجو، بما سيؤدى بالصخور المدفوعة تلك، للاحتفاظ بحرارة من احتكاكها بـالجو أثناء طيرانها. وقد ظن ميلوش أن الصخرة البعيدة عن المركز سوف تـصعد أولاً كطبق من المواد، مدفوعًا من أسفل إلى أعلى، وبعد ذلك يتحول إلى شظايا. كمـا أشارت حساباته إلى أن حجم القطع يعتمد على الوزن الكلى للهّبة. أما فيما يتعلـق بعنف الانفجار، فإنه على الجملة، وإذا كان انفجارًا أكبر، فسوف يـدفع أو يفـصل شظايا أكبر. وتصادم كبير سوف يدفع بعدة ملايين من الصخور تصل مقاساتها إلى حوالى عشرة أمتار. وبعضها سوف يصبح ساخنًا جدًا، ولكن شظية جيدة، سـوف تبقى حرارتها أقل من ١٠٠ ° درجة مئوية.

وربما يكون من المدهش أن ميكروبًا داخل صخرة مريخية يمكن أن يـدخل الفضاء، دون أن يقتله الانفجار أو الحرارة. ومع ذلك فإن مشكلة هـذا الميكـروب ستكون فقط قد بدأت. حيث بمجرد أن يتواجد فى الفضاء فإن حظه سـيعتمد علـى المسار المنحنى الذى تتخذه الصخرة الحاملة له على متنها. كثيـر مـن الحطـام المنفصل سوف يتجه إلى مدار حول الشمس. وذلك لأن الصخرة فى الفضاء البـين كوكبى تكون خاضعة لقوى الجاذبية، ليست فقط الخاصة بالشمس وإنما بالكواكـب أيضًا، وحركته تكون معقدة للغاية، وربما مشوشة. وأى صخرة مريخية تقترب من مدار المريخ حول الشمس، كما سوف تتلقى جذبًا من الكواكب. وبعد عدة جـذبات فقد تدفع الصخرة إلى الأرض أثناء عبورها المدار، أو تُدفع إلـى خـارج منطقـة النظام الشمسى، وإلى حيث تخضع لاضطرابات جذب الكواكب الأكبر. وقد تقضى الصخرة وقتًا طويلاً فى تلك الماكينة الدوارة الكونية، قبـل أن يتحـدد مـصيرها النهائى.

ما الفرص إذن التى يتاح فيها للصخرة المريخية أن تصل إلى الأرض؟ فى حسابات كمبيوترية[١٣]. مؤخرًا تنبأت أن ٧,٥٪ من الأحجار المنفصلة عن المريخ سوف ترتد فى النهاية إلى الأرض، ومثلها سوف يذهب إلى كوكب الزهرة. وأغلب

الصخور النيزكية (٣٨٪ منها)، سوف ينتهى مآله إلى الشمس، ثم ٩٪ منها سوف يعيد التصادم مع المريخ نفسه، أما الباقى بعد هذه النسب فسيتجه إلى كوكب المشترى ثم يندفع بقوة إلى خارج النظام الشمسى ومن المفاجئ أن مدد إقامة هذه الأحجار النيزكية فى الفضاء كانت قصيرة، وحوالى أكثر من ثلث الأحجار النيزكية الواصلة لكوكب الأرض قد وصلتها فى أول عشرة ملايين سنة من نشوئها. وهذه النتائج قورنت بشكل جيد مع مواقيت الفضاء، والتى قد تقضيها فيه الأحجار النيزكية المريخية والتى يمكن قياسها من تعرضها للأشعة الكونية. وتتراوح هذه المقاييس من ١٥ مليون سنة للـ **ALH 84001** إلى حتى ٧٠٠,٠٠٠ سنة بالنسبة لـ **EETA 79001**، وبعض النيازك لا يمكنه تجنب وصوله لنا بسرعة إذا ما ترك المريخ فى سرعة وزاوية مناسبتين. ومن المسائل الظاهرة فقد لوحظ أنه ينتقل فى زمن يصل إلى ١٦,٠٠٠ سنة. وببساطة وعلى أساس إحصائى، فإن قليلاً من الصخور سوف يقطع المرحلة فى أقل من قرن من الزمن.

وأيًا ما كان الميكروب الكائن فى الصخرة النيزكية، فإنه سيصل إلى الأرض فى حالة تسمح بالقابلية للحياة، لأن ذلك سيعتمد على قدرته على البقاء حيًا طوال هذه الرحلة. وبالطبع لا نعرف شيئًا عن هذه الميكروبات المريخية المظنون بها، ولكن إذا كان هذا العمل البطولى شيئًا مما يقاس على الميكروبات الأرضية، فإنها يمكن أن تبقى لمدد طويلة. وعلماء الآثار الذين ينبشون المقابر التحت أرضية، يجدونها محتوية على بواغ ميكروبية، يرجع تاريخها إلى وقت إنشاء المقبرة. وثمة تقرير عن ميكروب **E-cloacae** عثر عليه فى الهيكل العظمى للمستودون **Mostodon**(*) عمره ١١,٠٠٠ سنة. وتحت ظروف عميقة التجمد يمكن أن تجد من تطول حياته عن ذلك عدة مرات. وكان كريس ماكاى **Chris McKay** قد اكتشف نظامًا ميكروبيًا عمره ثلاثة ملايين سنة، مُحتفظًا به فى الجلاميد السيبيرية **Siberian**. وثمة دعاوى مدهشة عن باكتيريا وجدت محفوظة فى

(*) هو حيوان بائد شبيه بالفيل. (المترجم).

مستقرات ملحية لعدة مئات ملايين السنين. وباكتيريا أخرى عمرها ٤٠ مليون سنة كانت قد اُقتلعت ورُقِّمت من نموذج حقيقى لحديقة جوراسيه **Jurassic Park** من داخل باكتيريا حُصِرت فى الكهرمان(١٤) **amber**.

وكان قد سئل الميكروبولوجى البريطانى جون بوستيجيت **John Postgate**، والذى كان قد أجرى دراسة عن قابلية الباكتيريا للوفاة، سئل عن احتياج الباكتيريا للوفاة على الإطلاق(١٥). عندما يصيبها الجوع من المواد المغذية لها، سرعان ما تصبح مسنة ويتعرض نظامها فى التمثيل الغذائى للتوقف، إنها تنكمش فى الحجم على نحو دراماتيكى وتتوقف عن التكاثر. ولكنها ليس بالضرورة أن تموت بالمعنى العادى للكلمة، وإنما ببساطة ربما تنسلّ أو تنزلق إلى حالة من تعليق الحيوية. فإذا تحسنت الظروف يومًا ما، فإنها قد تعود للحياة من هذا الموت الظاهرى، مثل أسطورة الجمال النائم **Sleeping Beauties**. ومن غير المعلوم عن منبّه داخلى يحدد «نقطة اللا عودة». وفى الواقع، فإن الغموض يكتنف ما الذى يحدد بالضبط ما إذا كانت بواعٍ معينة يمكنها أن تعاود الحياة من عدمه من تلك التجربة القريبة من الموت. وإذا لم يكن يحدث شىء فى داخلها، فما الخط الملغز أو المبهم الذى يعنى علامة على الموت، والذى يجب أن نتخطاه قبل أن تكون العودة للحياة ممكنة؟

دوام الباكتيريا لهذه المدد غير المسبوقة أو المألوفة، يفترض أن لا شىء يمكنه أن يحطم عدم قابلية حيوية الميكروب للتعويض أو الترميم – وواحد من الأسباب المسببة للتحطيم هو الإشعاع. ومع أن الباكتيريا قد اصطنعت آلية لمواجهة مخاطر الإشعاع، فإنها لا تعمل وهى فى حالة السكون أو الهمود. لو أن دنا ميكروب هاجع قد تمزقت فإنها تبقى ممزقة. وبالنسبة لرحلة عبر الفضاء، فمن دون شك ستكون الإشعاعات من أكبر وأكثر المخاطر. ومع أن معظم الأشعة سوف تكون غير قادرة على اختراق صخرة. فإن الأشعة الفوق بنفسجية سوف تكون مستغرقة فى طبقة رفيعة، بينما كل الأشعة الكونية عالية الطاقة سوف تتوقف

عند حدود متر من سطح صخرة مصمتة. كما أن الصخرة نفسها سوف يتخلف منها نشاط إشعاعى ولكن، وكما رأينا، فإن الباكتيريا تدهشنا بقدرتها على مقاومة خطر الإشعاع. فإن الجفاف (استنزاف عنصرى الماء لإخلاء الشيء منهما) الذى لا مفر منه فى ظروف الفراغ فى الفضاء يبدو أنه يقدم حماية إضافية. وسوف يستغرق تعرض أى عضويات داخل صخرة كبيرة لجريمة إشعاعية مميتة مدى يصل إلى ملايين السنين[١٦]. وهو ما يزيد عما تستغرقه رحلة الصخرة من المريخ إلى الأرض.

وعامل آخر واجب الأخذ فى الاعتبار وهو البرد، ففى الفضاء البين كوكبى، فإن درجة الحرارة منخفضة. ولكنها ليست متطرفة الانخفاض، فيمكن للصخرة أن تظل دافئة بحرارة الشمس وحرارتها الداخلية سوف تصل فى أقصاها إلى – ٥٠° مئوية، وهذا مقبول تمامًا، وبالطبع تُحفظ الباكتيريا فى ثلاجات درجة حرارتها أقل انخفاضًا بكثير، وعلى أى الأحوال فإن البرودة فى الفضاء الخارجى ستمثل ميزة إضافية في مجال حفظ الميكروبات.

ولو أن الرحلة عبر الفضاء تبدو أقل تعرضًا للمخاطر، مما يبدو عليه الأمر من النظرة الأولى، فإن المحن أو البلايا التى تتعرض لها الميكروبات لن تتوقف بوصولها لكوكب الأرض، إذ يبقى عليها أن تتجنب موتها خلال اقتحام الصخرة للهواء بسرعة عدة كيلومترات فى الثانية الواحدة. فمعظم الصخور النيزكية الصغيرة تحترق بالكامل فور اختراقها للمجال الجوى للأرض. ومع ذلك فإن صخرة حجمها من متر إلى عشرة أمتار فإنها تصل فى مسار منحنى قليلاً إلى الأرض يعتبر قصة أخرى. لأن الصخرة سوف يتسبب احتكاك الهواء فى بطء سرعتها، وربما تنفجر فى قلب الهواء من تأثير الصدمة ناثرة شظاياها فوق الطبقة العليا للجو، وسوف تسقط القطع المتناثرة إلى أقرب أرض لها كمستقر لنهاية رحلتها، والذى سيكون هبوطًا لطيفًا بالمقارنة. وهذا النوع من «البذر» سوف يتسبب فى ضياع حياة بعض الميكروبات فى وسط الهواء، بينما سيصل البعض

الآخر للأرض أو المحيط وهو مازال محميًا داخل الشظية الصخرية. وكثيـرًا مـا عُرف أن الكثير من الأحجار النيزكية قد سقطت علينا بهذه الطريقة. لأن الصخور هى عوازل جيدة للحرارة، وداخل الصخرة النيزكية سيظل باردًا حتى لو انـصهر سطحها الخارجى بسبب الاحتكاك. وعلى الجملة، فكل هذه الظروف هى ظـروف مناسبة كثيرًا أو قليلاً لنجاح نثر البذور لأى عضويات مقيمة.

وعند وصول الميكروب سالمًا، فإن المشهد العام للميكروب المريخى سوف يتوقف على الظروف التى سيواجهها. ومنذ ثلاثة أو أربعة ملايين مـن الـسنين، عندما كان المريخ يشبه الأرض، فإن عضويات مريخية سوف تجد فى الأرض ما يشبه الوطن بالنسبة لها، خاصة إذا ما سقطت فى البحر، حيثما ربما تحملها تيارات المحيط لتصل فى النهاية إلى فتحة بركان عميق فى المحيط قريـب الـشبه مـن موطنها فوق المريخ.

بعض الناس يرون أن سلسلة الظروف التى يحتاجها الميكـروب المريخـى ليصل سالمًا للأرض، قد امتدت حتى أصبحت فى حاجة إلى نوع مـن سـرعة أو سذاجة التصديق وبدرجة كبيرة. بالتأكيد مع كل خطوة من الرحلة فكيـف لكـسره واحدة وفقط كسرة رفيعة من الميكروب المدفوع ربما، أن تناضل للبقاء. لأنه ليس بالضرورة أن تكون الرحلة مريحة وإنما يكفى أن تكون قابلة للنضال مـن أجـل البقاء. إن المسألة بحاجة لميكروب واحد من النـوع الـذى تقـوم تغذيتـه علـى الكيماويات **Chemo-troph** من بين تريليون ميكروب مدفوعة، ينجح فى الوصول سالمًا إلى الأرض، وحينئذ سيصبح الباب مفتوحًا على مصراعيه لاستعمار كوكب الأرض. وواقعة تصادم كونى من النوع الذى يرقش الأرض والمـريخ بـالحفر، سوف يتسبب فى العصف ببلايين الأطنان من المواد إلى الفضاء. وملايـين مـن الصخور التى تبلغ عدة أمتار من الحافة للحافة، سوف تتناثر حول النظام الشمسى، والكثير منها مرشح لنقل الحياة. وإذا كان الصدام الكونى أكبر من ذلـك، فـسوف ينتج عنه حطام أكثر من ذلك، وعند نهاية فترة التصادمات الكثيفة، فـإن الأعـداد

ستظل أكبر. ومن الصعب إذن تجنب النتيجة القائلة بأنه إذا كانت ثمة حياة على المريخ منذ حوالى من ٣,٥ إلى ٤ بلايين سنة مضت، فلا بد أن هذه الحياة المريخية – وبشكل لا يمكن تجنبه – قد وجدت طريقها لاستيطان الأرض. وهذه الإمكانية قد توصل إليه تقرير أعده مجلس إدارة مجلس بحوث الفضاء الأمريكي **"US National Research Council's Space Studies Board"** عن العينات العائدة من المريخ **"Mars Sample Return"**، حيث ذكروا «الميكروبية الناجية من حجر نيزكى، حيث تتوفر لها الحماية الكافية من الإشعاعات، تبدو قابلة للتصديق، فإذا نجت فعلاً هذه النظم الميكروبية من ظروف الاندفاع وتوابع الصدام الكونى، فثمة سبب ولو ضئيلاً للشك فى إمكانية قيام الظروف الطبيعية لما بين الكواكب بنقل حيويات أو عضويات (من نبات وحيوان) تلك الحقبة... وهذا التبادل لا بد أنه كان مألوفًا فى تاريخ النظام الشمسى، حالما كانت درجات التصادمات الكونية أكبر بكثير»[١٧]. وأيًا ما كان أى ميكروبات مريخية قد نجحت فى استعمار الأرض بعد وصولها، فإن هذا أمر يختلف عما سنأتى إليه بعد قليل.

هل هناك سبب لتفضيل المريخ على الأرض فى اعتباره مهدًا للحياة؟ إن عاملاً واحدًا يقترح أن تكون الإجابة بنعم. لأن نفس وابل التصادمات الكونية التى وفرت آلية لنقل العضويات إلى الكواكب، هى التى هددت نجاتهم فى موطنهم ذاته. وكما شرحت فى الفصل الثامن، فإن تصادمًا حقيقيًا كبيرًا سوف يتسبب فى إجداب وعقم الكوكب بأسره. وفى ضوء هذا، فإن المريخ ربما يبدو أكثر أمانًا من الأرض. لأن حجمه الأصغر سيجعله أقل من أن يكون هدفًا لكويكب أو مذنب. لأن الجاذبية الأقل سوف تسبب بطئًا فى التصادم بما يقلل من المخاطر، وبما يسمح بتراكم المادة العضوية المفيدة. وبصفة خاصة، فقد ظل المريخ محتفظًا به للتصادمات الكبيرة التى أنشأت قمر الأرض. وحرارة تكوّن المريخ كانت أيضًا أقل من تلك التى أنشأت الأرض، وعلى الجملة، فيبدو واضحًا أن المريخ قد بَرُد بأسرع من الأرض، مما جعله كوكبًا قابلاً للسكنى منذ ٤,٥ بليون سنة مضت. كما

أن برودة قشرة سطح أرض المريخ تعنى أيضًا أن المنطقة المريحة لميكروبات ما تحت السطح، سوف تذهب إلى عمق أبعد يزودها بملاذات أو ملاجئ أفضل في مواجهة لفحات الحرارة الناجمة عن التصادمات.

والمنطقة العميقة تحت السطح ربما لم تكن وحدها هى الملاذ من وابل التصادمات الكونية، الملاذ الآخر قد يكون الفضاء الخارجي لأن واقعة التصادم الذى سيجدب الكوكب، سوف يطلق كمية ضخمة من المواد في المناطق المتصلة به والآمنة في مداره – إذا كانت الميكروبات يمكنها البقاء في الفضاء داخل هذه الصخور الشاردة، فإن بعضها يعود في النهاية لإعادة نثر بذور الحياة في الكوكب، بعد شفائه من آثار المحنة. ولأن المريخ له سرعة هروب أقل منها بالنسبة للأرض. فإن الميكروبات يمكن أن تُقتلع بعنف أقل، ومن ثَمّ يمكن للميكروبات أن تحيا. وحول نهاية فترة وابل التصادمات الكثيف، فلا بد أن المريخ قد غلفه تجمع أو حشد من الحطام الناجم عن كل ذلك، والذى بالتالى شكل ملاذًا لعدد كبير من العضويات السابق تعرضها للنفى.

لم يكن المريخ فقط مكان جيد لبدء الحياة، ولكنه أيضًا ربما كان المكان المفضل لها لتظهر عليه... ويتشكك الجيولوجيون من جانبهم، فيما يتعلق بأن الحياة على الأرض لم تبدأ إلا بعد أن أصبح الأكسجين متاحًا فى الجو، أى منذ حوالى مليونين من السنوات الماضية، وعند هذه المرحلة كان هناك انقسام سريع في الأنواع. ويبدو أن الأكسجين قد تشكل على نحو أسرع على المريخ، أى منذ مدة قصيرة نسبيًا، تقترب من عشرة ملايين من السنين، بل ربما قبل نهاية عصر وابل الصدمات، حيث ظهرت حياة فى مستوى لم تكن متاحة الآن لعشرة بلايين أخرى من السنين[١٨].

وإذا كانت الحياة قد نشأت بشكل مستقل على الأرض أو فى المريخ، فحينئذ عندما يصل الميكروب المريخى إلى الأرض فسيجد الحياة العضوية محجوبة ومستكينة فيها بشكل جيد. وسيكون الوافدون الجدد أنفسهم فى حالة تنافس مع

منافسيهم الأرضيين. وربما يجد المريخيون أنفسهم، وقد قامت الباكتيريا الأرضية بالتهامهم فور وصولهم، وسيكون هذا بمثابة انحراف قاسٍ في أقدار الجرأة التي تحلى بها المسافرون عبر رحلتهم الطويلة. حيث قُذف بهم بقوة من جراء تصادم كوني إلى مدار ما، وناضلوا من أجل البقاء لملايين السنين في الفضاء الخارجي، وتجنبوا الاحتراق عند إعادة الدخول، ثم كان حظهم وافرًا عندما هبطوا بالقرب من مستقر مناسب، ثم يصبحون مجرد وجبة لمنافس يبحث عن مؤونة للغذاء، إذن سوف يصبح الوضع مثيرًا لسخرية هائلة.

وثمة إمكانية لسيناريو آخر. بعكس هذه الحالة، يتمثل في أن يقوم المريخيون بالتهام هؤلاء الأرضيين بدلاً من أن يزدردهم الأخيرون. وإذن مرة أخرى فقد تسكن الميكروبات الأرضية والمريخية في ملاذات أو كُوَّات مختلفة، ويتصاحبان من ثَمّ في الوجود. وذلك إذا ما هبطوا في موقع مختلف جذريًا من حيث كيميائه البيولوجية فقد يتجاهل بسعادة كل منهم الآخر. أو ربما يكونون[١٩] متشابهين معهم ومن ثم يتعايشون في تكافل symbiosis (مثل عندما تغزو الميتوكوندريا(*) المريخية مواطن الباكتيريا الأرضية). وربما على ذلك نكون أنت وأنا لدينا بعض الجينات المريخية في أجسادنا! وربما أيضًا يجد المتطفلون أن الحياة بالغة الصعوبة على الأرض، ومن ثم يفشلون في التأقلم في وقت مناسب، ويموتون بعد محاولتهم الجريئة لاستعمار المكان، مثلما حدث مع للسكان الأصليين لأستراليا منذ وقت باكر، واللذين تجدهم الآن في مواقع قليلة خلف وخارج المدن التي أنشئت بمعرفة المحتلين.

ومن المفهوم أن الميكروبات المريخية ما زالت توجد على الأرض في شكل مستقل من الحياة. العلماء الآن قد بدأوا في اكتشاف العدد الضخم من الحياة

(*) mitochondria عبارة عن مكونات دقيقة داخل الخلية ذات شكل كروي أو عصوي، كما تعتبر مراكزًا مهمة لتوليد الطاقة الناتجة عن أكسدة المواد الغذائية في دوراتها وتسمى واحدتها في اللغة العربية «متقدرة». (المترجم).

الميكروبية التي تعيش حولنا. وحتى الآن فكل الذى تم اكتشافه يتصل بالحياة الأرضية، لكن يومًا سوف يتم اكتشاف حياة ميكروبية فضائية، ربما في مكان غريب كان من المتعذر الوصول إليه، أو ربما فى أعماق ما تحت السطح، أو فى الطبقات العليا للجو، أو حتى تحت نهر جليدى متفجر من وسطه فى كل الاتجاهات في أنتاركتيكا. وإذا كانت الميكروبات الفضائية تستخدم كيمياء حيوية مختلفة، فإن العلماء سيفشلون في تحديدهم خلال البحث. ربما يكونون راقدين حولنا في حالة همود أو تعليق، في أشكال مثل البوغات، وغير قادرين على أى حيوية بسبب نقص عنصر مهم رئيسي لاستمرار حياتهم.

كل تلك الافتراضات السابقة هي مجرد تأملات محضة. كل ما نستطيع قوله على سبيل التأكيد إنه لو هناك توجد حياة ميكروبية مريخية حاليًا أو كانت، فإن ميكروبًا مريخيًا قابلاً للحياة، سوف ينجح بالتأكيد في الوصول للأرض في مرحلة ما من الأربعة بلايين سنة الماضية. وسواء تأصلت الحياة على المريخ، ثم انتشرت في الأرض وكان ذلك على سبيل الحدس، فسوف يقودنا ذلك إلى فكرة فضولية: أنت وأنا وكل الأشياء الحية التي نراها حولنا، نكون قد تحدرنا من أجواء المريخ.

هل تذهب الحياة الأرضية إلى المريخ؟

إذا كانت الميكروبات تستطيع الترحال من المريخ إلى الأرض، ممتطية متن الصخور، فإنها أيضًا تستطيع أن تقوم بالرحلة العكسية أيضًا، أى من الأرض إلى المريخ. ولو أن الأرض لديها جاذبية أقوى، فلا بد كانت هناك صدمات كونية لها من القوة الكافية التي تستطيع أن تدفع بقوة شديدة مواد أرضية إلى الفضاء. ونحن نعلم أنه في هذه الحالة فإن بعضًا من الصخور المنفصلة لا بد أن تكون محتوية على حياة ميكروبية. وإذا كانت ثمة حياة حقيقية على الأرض في نهاية عصر وابل الصدمات الكونية، وكما تدل على ذلك الأحافير فلا بد أن أعدادًا وفيرة من المواد

الحاملة للحياة، قد إنتقلت إلى الفضاء، بسبب التصادمات الكبرى التى كانت لا تزال تحدث قبل ٣,٨ بليون سنة مضت. وبعض من هذه المواد وصل بالتأكيد إلى المريخ، فى وقت كانت الظروف فيه تشبه تلك التى على الأرض. وعليه لا يمكن تجنب القول بأن الحياة الأرضية، قد وصلت إلى المريخ فى بعض مراحل تاريخه. ومما يكون قريبًا جدًا للأفهام أنه ما بين ٣,٥ و٣,٨ بليون سنة ماضية كانت الظروف على المريخ تتناسب مع الحياة الأرضية المنقولة له، كيما تزدهر وتنمو. وهذا هو السبب فى تأكدى من أنه كانت ثمة حياة على المريخ فى الماضى. وأنه ربما تكون كذلك فى الوقت الحالى.

وعندما ظهرت قصة الحجر النيزكى بمعرفة هيئة ناسا، فقد بدا أن المعلقين والعلماء قد قفزوا إلى نتيجة، مؤداها أن الحياة لا بد قد نشأت مرتين فى النظام الشمسى. وأُخذت ملامح **ALH 84001**، وعلى نحو عالمى تقريبًا على أنها دليل على أصل مستقل للحياة على المريخ. والنهايات الفلسفية الشهيرة التى سارع إليها كلينتون وآخرون بأن الكون يزخر بالحياة، وأن قوانين البيولوجيا تتصادق فى عملها عبر الكون، وتعتمد بشكل حاسم على هذا الافتراض المفهوم ضمنًا. وقلة من الناس هى التى سلطت الضوء على الشق المنطقى فى الأمر: إذا استطاعت أحفورة ميكروبية مريخية، أن تأتى إلى الأرض عبر صخرة، فإن ميكروبًا حيًا، يستطيع أن يصل للمريخ من الأرض عبر صخرة أيضًا. وأصبح الدليل نفسه على الحياة فوق المريخ هو المُقوِّض الذى يهدم نظرية الأصل المستقل للحياة.

ولو أن الحياة على المريخ قد وصلته من الأرض، فبالتأكيد سيكون هذا أمرًا مثيرًا، ومهمًا من الناحية العلمية، لكنه سيكون على مستوى الصفر من حيث المعنى الفلسفى، لأنه لن يقول لنا شيئًا جديدًا فيما يتعلق بانفرادية أو ظاهرة الحياة نفسها. وسوف يُظهر لنا ببساطة أن المجال الأرضى يمتد خارجًا إلى الفضاء الخارجى بمثل ما يمتد تحت الأرض. إن الأحافير المظنونة فى **ALH 84001** سوف تكون منحدرة من أصول عضوية أرضية، وقد عادت إذن إلى وطنها.

وما يشبه أن يكون تلوثًا عابرًا للكواكب، خاصة فى الماضى البعيد، هو بمثابة عامل مفتاح فى تأكيد دليل على الحياة فوق المريخ. وإذا كان المريخ قد تلقح بواسطة حياة أرضية منذ من ٣,٦ إلى ٣,٨ بليون سنة مضت، فلن يكون من قبيل المفاجأة، العثور على صخور مريخية محتوية على علامات حياة فى حالة عمل منذ ٣,٦ بليون سنة مضت، وكما ذكرت فى الفصل السابق أن الملامح المعثور عليها فى **ALH 84001** هى بالضبط ما يمكن للمرء أن يتوقعه. ومن الناحية الأخرى فلو أن نظرية التلوث تلك كانت خاطئة، فإن قواعد اللعبة سوف تتغير على نحو درامى. حيث سنكون مدعوين للاعتقاد بأن الحياة بدأت بطريقة مستقلة فوق المريخ. وهو افتراض هائل، والذى يتطلب تقويمًا شديدًا (انظر الفصل العاشر). وفى هذه الحالة فسيكون الدليل المستقى من **ALH 84001** بعيدًا وبعيدًا جدًا عن كونه مقنعًا.

كيف يمكن إذن وضع نظرية التلوث تحت الاختبار؟ إذا أمسك العلماء بنظام عضوى مريخى حى، ويظهر أنه يعتمد على دنا ذى اتجاه يمينى اليد، وحمض أمينى ذى اتجاه يسارى اليد، وإذا كانت لها نفس شفرة جينات الحياة الأرضية، وإذا كان تمثيلها الغذائى متشابهًا أيضًا، فسوف يشير ذلك بقوة إلى أصل مشترك مع الحياة الأرضية. ومن الناحية الأخرى، فإذا كانت الجزيئات عكسية الأيدى، والشفرة الجينية مختلفة، أو تعتمد كلية شكلاً مختلفًا من الكيمياء الحيوية، فسيكون ثمة أصل للحياة مستقل. وسيكون الإقرار بحالة المادة على درجة من الصعوبة، إذا كان كل ما لدينا هو أحفورات، لأن بقايا الجزيئات المعروفة ذات التوجه اليسارى اليد، سوف تذهب بعيدًا بقواعد اللعبة، ولن يكون مفيدًا حينئذ المقارنة بين الأشكال الميكروبية. لأن الميكروبات الفضائية قد تبدو شبيهة بالميكروبات الأرضية، ولكن لها كيمياء حيوية مختلفة تمامًا.

وافترض – كما أدعى – أن المواد حاملة الحياة قد تبودلت بشكل منتظم بين الأرض والمريخ، فإن تلك الكواكب لا يمكن اعتبارها معقمة. والتلوث العابر

للكواكب ربما أخذ مجراه منذ بدأت الحياة لأول مرة. فإنه سيبدو عديمًا للأهمية أن نتكلف كل هذا العناء المادى لتعقيم سفننا الفضائية. وعلى سبيل الحديث فلن يكـون مهمًا افتراض أن المخاطرة بالتلوث من الحياة الميكروبية المريخية هـى أمـر لا يمكن تجنبه. فلو أن الحياة المريخية والحياة الأرضية ينحدران من أصل مـشترك، فإن الميكروبات المريخية سوف يكون لها الأساس الكيميائى الحيوى الذى نستخدمه نحن. وكما كتب[٢٠] مرة كارل ساجان **Carl Sagan** «لـو أن الحيـاة العـضوية المريخية كانت قد انتقلت إليه أصلاً عبر عمل تـصادمى أصـاب الأرض، فإنهـا ستكون مشابهة لنا لدرجة أنها لن تكون مسببة لإصابتنا بالأمراض».

ولو أن المريخ والأرض قد تبادلا فيما بينهما الحياة العـضوية، فـإن ذلـك سوف يضاعف تعقيد سؤالنا عن أين بدأت الحياة على نحو مطلق وبـالنظر لحالـة الجهل لدينا فهو يمثل رهانًا مفتوحًا على أى مما تؤدى إليه الـسيناريوهات التاليـة من حقيقة:

١. لقد بدأت الحياة مرة من المرات فوق المريخ ثم جاءت إلينا عبر صخرة نيزكية مريخية. وهى قد تكون أو لا تكون مستمرة فى الوجود على الكوكب الأصلى.

٢. بدأت الحياة مرة من المرات على الأرض ثم انتقلت إلى المـريخ، حيـث قـد يكون ممكنًا أنها أسَّست نفسها هناك.

٣. قد تأصلت الحياة على كل من الأرض والمريخ على نحو مستقل. والاستعمار العابر للكواكب (أو حتى الإخصاب العابر للكواكب)، ربما يكون قد حدث تبعًا لذلك.

٤. قد تأصلت الحياة على كل من الأرض والمريخ وعلـى الـرغم مـن تبـادل الصخور والأتربة أو الغبار، فلم تنتقل بينهما عضويات قابلة للحياة.

٥. الحياة لم تتأصل على أى من الكوكبين، ولكن فى مكان آخـر كليـة، كأحـد المذنبات مثلاً، أو القمر «أوروبا» الذى يدور حول كوكب المشترى. أو كوكب

المشترى نفسه، أو أى جسم خارج النظام الشمسى. ثم جاءت إلى الأرض، وربما المريخ أيضًا عبر نوع ما من آليات الـ **Panspermia** (البذور فى كل مكان).

٦. تأصلت الحياة على كوكب الأرض وحده ولم تنجح (بعد) فى احتلال كوكب آخر. أما كوكب المريخ، فهو كان، ومازال، بلا حياة.

ولاحظ أنه بعيدًا عن السيناريو الأخير، فإن كل السيناريوهات الأخرى تتنبأ بأن الحياة لا بد أنها حدثت فى إحدى المرات على المريخ، وأنها ربما باقية حتى الآن. من أين لنا أن نعرف عن قوة البقاء غير القابلة للتصديق لدى الميكروبات، من ناحيتى أعتقد أن السيناريو رقم ٦ بعيد الاحتمال تمامًا. وفى مرحلة ما فلا بد أن الصخور حاملة العضويات القابلة للحياة قد قامت بالرحلة من الأرض إلى المريخ. وفى كلتا الحالتين من الأرض إلى المريخ أو العكس أو تناقلت ذراريها بين الكواكب، فيبدو لى أن ما يصعب تجنبه أن المريخ قد لعب دور المضيف لسكنى الميكروبات، وربما أيضًا لحياة عضوية أكثر تقدمًا وذلك فى مرحلة مبكرة من تاريخه. وهذا يجعل من البحث عن الحياة على المريخ له أولوية فى المرتبة.

وإذا كانت نظرية «بذور فى كل مكان» **Panspermia**، تعد من الأفكار المقبولة، فإن المريخ وحده لن يكون محل الاهتمام، لأنه من المفهوم أن تكون الحياة الأرضية قد ارتحلت إلى أمكنة أخرى فى النظام الشمسى. ماذا عن القمر مثلاً؟ سطح القمر الآن يعد مكانًا غير مرغوب بشكل حاد، ولكنه مثل المريخ كان له فى مرة من المرات جو ذو ثخانة، وكانت فيه براكين ومياه. وهذه اختفت أسرع مما حدث فى المريخ، ألم تكن ثمة نافذة تطل منها فرصة الحياة؟ إذا كانت هذه قد تزامنت مع وجود الحياة على الأرض، فإن تبادل العضويات الحية مع القمر أمر يجب أخذه فى الاعتبار على نحو جاد جدًا. وبالنظر لأن القمر قريب مكانيًا من الأرض؛ فإن كثيرًا مما دُفع من صخور الأرض بسبب تصادم كونى، لا بد أن ينتهى إلى القمر بما أن مدة الرحلة إليه قصيرة جدًا. فهل يمكن أن توجد حياة على

القمر اليوم وتحت سطحه؟ الدعاوى الحديثة تقول بأن الثلج قد يوجد فى أحواض فوهات سطح القمر المحمية بعيدًا عن الشمس. وهذا مما يجعل الاحتمال مخادعًا، ولو أن المشهد العام يوحى بأن الميكروبات القمرية لم يعثر عليها بعد.

أما عن كوكبى الزهرة وعطارد، فهما ليس من الأمر فى شىء لأن كلاً منهما حرارته مرتفعة للغاية. ومن الممكن أن كانت الزهرة أكثر برودة ذات مرة، ومن ثم أصبحت مكانًا مناسبًا كموطن للعضويات الأرضية التى كانت فى غير موطنها الأصلى. وكذا عدة أقمار فى النظام الشمسى الخارجى، ربما كانت موطنًا للحياة بدورها، إلا أن فرص انتقال الحياة من الأرض إليها بنجاح تعتبر بعيدة، وكان توماس جولد **Thomas Gold** قد حدس أن: «عشرة كواكب أو أقمار على الأقل قد دعمت الحياة تحت السطح، واعتقد أن الأرض قد قدمت مجرد نوع أو فرع غريب من الحياة، عندما سمحت ظروف غير عادية بإمكانية الحياة فوق السطح»[٢١].

وبمجرد أن اندفعت الصخور إلى مدار المريخ، فربما شكل هذا المدار ملاذًا لها من الصدامات الكونية، باعتبار أنها كانت حاملة للعضويات الأرضية التى تركت موطنها الأرضى. وذلك لتعود بعد ملايين السنين لتحتل الأرض. وهذه الإمكانية من السهل أن تشوه أو تُحرِّف من جديد نظرية الإحباط الناجم عن الصدام للحياة، والتى ناقشتها فى الفصل السادس. وباعتبار أن الصدام الذى من شأنه أن يجدب الأرض بالكامل ربما يبقى على بعض العضويات التى تهيم مع الحطام الناشئ، فى مدار يتخذه الباقى من الحطام حول الأرض. وهذا يدفعنا إلى أن نعود للخلف فى موعد نشوء الحياة على الأرض إلى الفترة التى كانت فيها الصدامات الكونية مستعرة وكثيفة ربما إلى حتى ٤,٢ بليون سنة مضت، مما يساعد على تخفيف متناقضة أن الحياة وُجدت بوضوح على الأرض إبان مثل تلك الفترة القاسية. وبالطبع بعد عودة الميكروبات عقب ملايين السنين إلى الأرض كموطن أصلى لها، فلا بد أن كانت لها تطبيقات حقيقية فى تاريخ التطور. وليس من غير

الممكن أن ثمة باكتيريا عمرها عشرة ملايين سنة كانت هامدة فيها أو في حالة تعليق للحياة، ثم تعود للأرض عبر حجر نيزكي وتعيد تأسيس ذاتها فيها.

ماذا عن إمكانية ارتحال الحياة عبر الصخور فيما بين النجوم؟ للأسف تقف الإحصائيات بشدة ضد هذه الفكرة. حيث بينما المواد التي تنفصل بقوة عن الأرض سوف تجد فرصة معقولة للوصول إلى المريخ، يبدو صعبًا للغاية إلى درجة تعذر تجنب أن صخرة منفصلة بقوة عن النظام الشمسي، يمكنها أن تواجه أي كوكب آخر. لأن المسافات بين النجوم كبيرة للغاية، والكواكب تمثل أهدافًا صغيرة، حتى إن ملايين الصخور المتناثرة عبر المجرّة ستكون فرصة صخرة واحدة منها ضئيلة، فيما يتعلق بالسقوط على كوكب مناسب في نظام نجمي آخر. وللسبب نفسه، فمن المؤكد أن صخرة حاملة للحياة من نظام نجمي آخر قد وصلت للأرض. وعلى ذلك فإذا كانت الكواكب في نظامنا الشمسي تلوث بعضها البعض بصخور حاملة للحياة، فمن المستحيل، أو يصعب بشدة، أن تستطيع الحياة الانتشار عبر المجرة بهذه الطريقة.

ولو أن الصخور لا تمثل المركبة الوحيدة التي يمكن أن تمتطيها الميكروبات. لأن المذنبات أيضًا يمكن أن تقوم بهذا الدور أيضًا. ولو أن القليل هو ما نعرفه عن داخل المذنب، فإنها يمكنها أن تمثل ملاذًا أفضل من المتوفر في الصخور. وهذا يمكن أن يكون الوضع في الفترة التي أعقبت تشكل المذنبات، وعندما رفعت الكيميائيات والأنشطة الإشعاعية درجة الحرارة لدرجة كافية لدعم وجود مياه سائلة.

وقد كان السيناريو الذي تخيله كريس ماكاي **Chris McKay** والمتضمن «بذور في كل مكان» من خلال المذنبات، كالتالي[٢٢]: تصل سحابة بين نجمية، بالقرب من النظام الشمسي، فتضطرب مدارات المذنبات بفعل مجال جاذبية السحابة، ومن ثم تضرب الأرض، مخلفة حطامًا متطايرًا حاملاً معه بواغي ميكروبية. وتبقى الأحجار المنفصلة عن الأرض مع السحابة، ربما لعدة ملايين

أخرى من السنين، وربما تدور السحابة ذاتها حول النجوم. وعندما يحدث هذا، فإن الصخور مع بعض العضويات التى استمرت قابلة للحياة، تمتزج مع المواد المذنبية بالقرب من حافة نظام نجمى سديمى. فور تمام تشكل المذنبات، فإن داخلها يكـــون دافئًا ورطبًا بحيث يمثل ما يشبه الحضانة الدافئة والمناســبة لميكروبــات عاشــت طويلاً. وهذا الجو المتحسن يعيد الحياة لتلك البواغى، قادحًا زناد انفجار ســكانى. وفى وقت ما يتلو ذلك، ينغمر أو يقتحم مثل هذا المذنب نجمًا ما بتلك المــستعمرة الميكروبية المتميزة. لأن النجم سوف يبخر مادة المذنب مُطلقًا الميكروبات. ومــن ثم يتم لفظها بترليوناتها العديدة مع الغبار الناتج من المذنب، مشكِّلة بــذلك ســحابة مسكونة فى أغلبها. ومع أن العضويات فى هذه الحالــة ســتكون غيــر حــصينة ومعرضة للخطر، فليس طويلاً قبل أن يندفع بعضها إلى كوكب يتصادف مــروره عبر ذيل المذنب. ولأنها رفيعة للغاية فستقاوم معاناة عودة الدخول، وتتزلق بــبطء إلى سطح الكوكب الآمنة نسبيًا، وبهذه تكون الحياة قد احتلت الكواكب فــى نظــم نجمية أخرى، ومتماثلاً مع ذلك أن تكون الحياة قد أتت للأرض من كوكب يقع فيما وراء النظام الشمسى.

وخلال العشرين سنة الماضية ظــل كل من فــــريد هويــل **Fred Hoyle**، وشاندرا ويكراماسنجى، وفى مواجهة شكوك عديدة، يدفعان بنظرية أن المــذنبات لديها عضويات حية، ويدعمان هذه الفكرة من خلال سجلات الإحصائيات الطبيــة، وادعيا أن مرور المذنب مرتبط بظهور أو تفشى الأمراض[٢٣]. وهمــا يريــان أن مختلف الأمراض الوبائية مثل الطاعون الجوســتينيانى الكبيــر لــسنة ٤٥٠ بعــد الميلاد، والذى يمكن أن يكون راح ضحيته مائة مليون شخص، هو مــن الناحيــة الفعلية له أصل خارج الأرض. وهما لم يفترضا أن الحياة فــى الفــضاء تعتبــر مقصورة فقط على المذنبات، وإنما أعادا للأنظار اقتراح أرهينيــوس **Arrhenius** الأصلى، بأن ميكروبات مستقلة يمكنها التحويم من دون حمايــة حــول المجــرة. مُشيرًا إلى حقيقة أن كثيرًا من البذور البين نجمية هى تقريبًا فى حجم الباكتيريــا،

وناقشا أن بعض كميات حقيقية من مادة الفضاء ما بين النجوم لها بالفعل أصل بيولوجي. وكدليل يدعم هذه النظرية الجريئة، فقد ركزا على حقيقة أن طيف الأشعة تحت الحمراء للـ **E.Coli** الجافة، تبدو شديدة القرب من الغبار البين نجمي.

وليس مفاجئًا أن يمسك بعض العلماء بنظرية «بذور في كل مكان» **pans permia** في محاولة لاستبعاد مشكلة النشوء الإحيائي. لأن الحياة لو أمكنها التناسل (سواء بالتكاثر الجنسي أو اللا تزاوجي) فيما بين النظم النجمية، فهي إذن لن تحتاج إلا إلى كوكب واحد لكي تضع ذراريها فيه، بمكان ما من ذلك الكون المتسع، وذلك باعتبار الحياة موجودة وقائمة على الأرض. ومن ناحيتي، فلا أشارك في الحماس لهذا التخيل. ويبدو لي أن الانحراف بالمشكلة إلى الفضاء الخارجي لا يفيد بشيء لتغيير المشكلة المركزية الخاصة بالنشوء الإحيائي، وهي المشكلة التي تفشت بشكل وبائي فيما بين الأبحاث على نحو ما سبق لمدة عقود مضت – والتي بمعنى من المعاني. هل تبدو الحياة جيدة فقط لكي تكون حقيقية؟

الهوامش

(١) العوالم فى حالة الصنع "Worlds in the Making" لـ: سـفانت أرهينيـوس (Harper, London 1908).

(٢) البقاء طويلاً لبواغى الباكتيريا فى الفضاء " Long-term Survival of bactrial sport in space" لـ: ج. هورنيك "G. Horneck" و هـ. بوكر "H. Bucker" و ج. ريتز "G. Reitz"

(Advanced Space Research 14, 1041 (1994)).

(٣) مستويات البقاء لبعض العضويات الميكروية الأرضية فى ظل ظـروف مـشابهة لظروف الفضاء " Survival Rates of Some Terrestrial Microorganisms Under Simulated Space Conditions" لـ: ج. كويـك "J. Koike" وآخـر (Advanced Space Research 12, 4271 (1992)).

(٤) هل يمكن لبواغى العضويات أن تبقى فى الفضاء البـين نجمـى؟ " Can Spors Survive in Interstellar Space ?" لـ: بيتـر ويبـر "Peter Weber" ومايوجرينبرج "Mayo Greenberg (Nature 316, 403 (1985))". وانظر أيضًا متابعة كيرت ميليكوسكى "Curt Mileikowsky" هل البـواغى تـستطيع البقـاء لمليون سنة فى ظل إشـعاعات الفـضاء الخـارجى؟ " Can spores survive a million years in the radiation of outer space" – وتجده فى: عن الأصول البيوكيميائية والفلكية والبحث عـن الحيـاة فـى الكـون " Astronomical and Biochemical Origins and the search for Life in the Universe" الـذى نشره س.ب. كوزمـوفيكى "C.B. Cosmovici" و س. بـوير "S. Bowyer" ود. ويرثيمر "D. Werthimer".

(Editrice Compositori, Bologna, Italy 1997, p. 539).

(٥) الكون الذكي لــ: فريد هويل **(Michael Joseph, London 1983)**.

(٦) البانسبيرميا تعاود المجيء: قيود بيولوجية وفيزيوفلكية **" Panspermia revisited: astrophysical and biological constraints"** وتجــده فــي: عــن الأصــول البيوكيميائية والفلكية والبحث عن الحياة في الكون (مرجع مشار إليه فــي التــذييل رقم ٤).

(٧) كان في القريب جدًا عندما استطاع الفلكيون تعريف أي كواكــب خــارج نظامنــا الشمسي. والمشكلة في رصد كوكب خارج النظام الشمسي تتحصل في أنها تبــدو خافتة جدًا في الظهور حتى في أقوى التلسكوبات، وبالتالي فوجودها يمكــن فقــط استنتاجه بطريقة غير مباشرة. ولأن يدور في مدار حول نجمه، فهو يمارس قــوة جذب شديدة تجعل النجم يتذبذب قليلاً. وهو تأثير شديد الضعف، ولكنه يظهر على مشهد ضوء النجم وبطريقة مميزة. وكنتيجة لملاحظة حذره، فإن كواكب كبيرة تــم رصدها عبر سنوات ضوئية قليلة من الأرض. والتقنية السائدة ليست جيدة بــشكل كاف لتحديد كوكب له نفس كتلة الأرض ومدارها، ولكن في ضوء وجــود نظــم كوكبية أخرى، فيبدو بشدة أن كواكب مثل كوكب الأرض تتواجد فــي مكــان مــا هناك. وربما ملايين كثيرة منها في مجرتنا وحدها، وكل منها واعد بوجود حيــاة. انظر: البحث عن كواكب فضائية أخرى **"The Quest of Alien Planets"** لــــ: بول هالبرن **"Paul Holpern»**. **((Plenum, London, 1998))**.

(٨) اختبار ميكروبيولــوجي لــبعض الحلقيــات الكربونيــة مــن نــوع الكانــدوريت **"Chandorite" " A microbiological Examination of Some Carbonaceus Chondrites"** لــ: جــورج كــلاوس **"George Claus"** وبــارثولوميو نــاجي **"Bartholomew Nagy»**. **((Nature 192, 594 (1961))** ولمراجعة أكثر امتيازًا لتاريخ البحث عن الحياة في الصخور النيزكية مع إشارة خاصة للحجر النيزكــي

مورشيسون "Murchison" انـظر: «حجـر النـشوء» "Genesis Stone" لـــ: دافيد سيرجنت 'David Seargent'

(Karagi Publications, Sydney 1991)).

(٩) كان العالم الألمانى هانزفلج Hans Phlüg قد قدّم دليلاً على الحياة فـى الحجـر النيزكى Murchison، والذى درس هذا القطاع من الحجر بميكروسكوب عينـى Optical، والذى عثر فيه على نوع من الباكتيريا ذات طابع خيطى الشكل، وكانت ملحوظة جيدًا. انظر: بناء متناهى الدقة للمادة العضوية فـى الأحجـار النيزكيـة "Ultafine structer of the Organic Matter in meteorites" في: دراسـات أساسية ومستقبل العلم "Fundamentat Studies and the Future of Science" والذى نشره: ن.س. ويكراما سنجى "N.C. Wickramasinghe». (University College Cardiff, 1984, p. 24) وسرعان ما ذهب علماء آخرون إلى استبعاد ما ادعاه العالم فلج.

(١٠) الطريق الصخرى للبانسبيرميا "The rocky road to ponspermia" لـــ: هـــ.ج. ميلوش "H.J. Milosh". ((Nature 332, 687 (1988)) ومن أجل تقدير تبـسيطى وميسّر انظر: الأحجار الكانسة: تغيُّر سطوح المادة عبـر الكواكـب "Swapping Rocks: Exchange of Surface Material Among The Planets" لـــ: هـــ. ج. ميلوش ((The Planetary Report 14, 16 (1994)) وحدوس أخرى مبكـرة على نفس المنوال كان قد قدمها بنيتون كلارك "Benton Clark" وجردا هورنيك "Gerda Horneck" انظر: أصل الحياة وتطور المجال الحيوى "Origin of Life and Evolution of the Biosphere" (16, 410 (1985)) وكان ميـشيل بـين "Michael Paine" قد اقترح أن انتقال العضويات بين الكواكب عبـر الـصخور يجب أن يشير إلى «الترانسبيرميا» لكى نفرق بينها وبين نظرية أرهينيوس بشأنها.

(١١) انظر التذييل رقم ١ ص ٢١٩.

(١٢) كتب البيولوجي البارز جورج جايلورد سمبسون "George Gaylord Simpson" يقول: «إنه من غير المحتمل بشدة وإلى حد الاستحالة، أن أى شكل للحياة قد سبق أن انتقل بالطرق الطبيعية من نظام كوكبي إلى آخر». ومع ذلك استخلص «أن مثل هذا الارتحال بين الأرض والمريخ وهما فى نظام كوكبى واحد يظل غير محتمل الوقوع أيضًا، وإن كان إمكانية حدوثه ليست من بين المتحكم فيه». انظر: عدم غلبه أشباه البشر. "On the nonprevalence of Humanoids" لـ: جورج جايلورد سمبسون "George Gaylord Simpson"». (Science 143, 772 (9164)).

(١٣) التبادل أو مقايضة المقذوفات الناجمة عن التصادم مع الكواكب الأرضية أو الدنيوية. "The Exchange of Impact ejecta between terrestrial planets" لـ: بريت جلادمان "Brett Gladman" وآخر ((Sience 271, 1387 (1996)).

(١٤) كان قد كتب تقريبًا عن قيام الميكربولوجى (من كاليفورنيا) راؤل كلانو " Raul Cleno" قد كون شركة لكي يحجز ميكروبات قديمة من الأحافير لإمكان استخدامها للسيطرة على الزراعة. وكان هذا التقرير بمعرفة NZPA فى – على سبيل المثال:

(The Weekend Australian, 12 April 1997).

(١٥) الاقترابات الخارجية للحياة "The Outer Reaches of Life" لـ: جون بوستجيت "John Postgate"

(Cambridge University Press, Cambridge (1994)).

(١٦) كان ميلوش ومناصروه قد أجروا حوسبة لمستويات بقاء الميكروبات المرتحلة عبر الكواكب فى الفضاء، واقترحوا أنه فى داخل صخرة أكبر من متر واحد من الحافة للحافة فإن التغطية الإشعاعية ستكون جيدة لدرجة أن المصاعب الرئيسية ستكون من النشاط الإشعاعى للحجر نفسه. وشريحة المقاومة الصغيرة للإشعاع لدى الباكتيريا فى حالة تعليق الحيوية هى التى تسمح ببقائها لمدة ثلاثة إلى أربعة ملايين

سنة، حيث تسهل الرحلة من المريخ للأرض، وفى حالة طيـران أخـرى تـشمل مخاطر أخرى مثل درجة حرارة متباطئة ولكن مستمرة والتمزيق الكيميائى لأحبال الدنا. ومرة أخرى، فإن البقاء الطويل جدًا يكون متوقعًا فى ظل ظروف مفـضلة. انظر: لانتقال الطبيعى للميكروبات القابلة للحياة فى الفضاء " **Natural transfer of viable Microbes in space**" لـــ: كيرت ميليكووسكي وآخر **(Icarus 145, 391 (2000))**.

(١٧) عودة عينات من المريخ، أفكار مبدئية وتوصيات لـــ: كينيث نيلسون وآخر (مصدر سابق) ص ١٨.

(١٨) انظر: البحث عن الحياة فى المريخ لـــ: كريستوفر ماك كاى (مصدر سابق).

(١٩) سبق أن اقترح نسبت "**Nisbet**" وسليب "**Sleep**" هذه الفرضيات: إن أحد الـشروح عن مصدر مريخى قابل للدفاع عنه بشأن أصـل الإيكاريـا "**Eucarya**" هـى أن السلف من الإيكاريوت "**eukaryote**" أصبح فيما بعد يمثل الانتقال المريخى الثانى. وفى هذه الفرضية، فإن الخلية الرئيسية للإيكاريوت ظلت تظهر على المريخ بعـد وقت من قذف السلف من الأرشيا "**archaea**" والباكتيريا إلى الأرض. وإذا ما خلية من هذا النوع قد قُذفت فيما بعد إلى الأرض، فإن الوافد الجديد والذى يعتبر ابن عم بعيد لسابقه، يمكن أن يستضيف حياة تكافلية مع الباكتيريا. وتجد ذلك فـى: بيئـة وطبيعة الحياة الباكرة "**The Habitat and nature of early life**" لـــ: إى. ج. نسبت "**E.G. Nisbet**" و ن. هـــ. سـليب "**N.H. Sleep**». **(Nature 409, 22 February 2001, 1083-91; see page 1087)**.

(٢٠) هـل من الـخطير إعـادة عينـات مـن المـريخ إلـى الأرض " **Is it dangerous to return samples from Mars to Earth**" لـــ: كـارل سـاجان "**Carl Sagan**". **(The Planetry Report 14, 3 (1994))**.

(٢١) في المجال الحيوى الحار والعميق "The deep hot biosphere" لـــ: ت. جولـــد "T.Gold" (Proceedings of the National Academy of Science USA 89, 6045 (1992)).

(٢٢) الثلـــج البروميثى (نسبة إلى بروميثوس) "Promethean Ice" لـــ: كريستوفر ماك كاى "Christopher Mckey". (Mercury 25, 15 (1996)).

(٢٣) أمراض من الفضــاء "Diseases from Space" لـــ: فريد هويل وشاندرا ويكرامـــا سينجى((Dent, London 1979).

الفصل العاشـــــر

الكون المتعاطف بيولوجيًا

كلما فحصت الكون أكثر، ودرست تفاصيل معماره، وجدت دلائل متناميـة على أن الكون بمعنى من المعانى، كان يعلم بأننا قادمون.

فريمان دايسون

Freeman Dayson[١].

تهلل علماء ناسا عندما جاهدت سفينة الفضاء «جاليليو» المعطلة فى معاودة بث صورها مرة أخرى فى أبريل عام ١٩٩٧. وكانت الكلمة الصادحة على كـل لسان هى: «الحياة». وتركزت الإثارة وقتئذ على اكتشاف أول محيط فى الفـضاء الخارجى. وكان علماء المهمة الخاصة بالقمر «أوروبا»، والتى قامت بهـا سـفينة الفضاء، يعلمون بالفعل أنه مغطى بالثلج. وكشفت «جاليليو» عن جبال ثلجية تطفح عنها مياه سائلة، أو على الأقل جليد رقيق القوام أو نصف ذائب. وكانت قشرة قمر المشترى ذاك **Jovian moon** والمتجمدة بالكامل تبدو وكأنها تنزلق على طبقة من السوائل.

ويكاد كل مُعلِّق أو مُعلِّقة يلهجون بأن وجود مياه، بالإضافة إلى العضويات، فإن ذلك يعنى «حياة» أو على الأقل فرصة لهذه الحياة. أما صـوت العقـل فقـد لخصه عالم مهمة ناسا ريتشارد تيريل **Richard Terrile** عندما صرح للـصحافة: «عند وضع هذين العنصرين المهمين معًا فى الأرض ستحصل على الحياة خـلال بليون سنة»[٢]. إذن هذا ما سيحدث فى القمر «أوروبا» أيضًا. هكذا ببـساطة كمـا اعتاد الساحر الإنجليزى تومى كوبر **Tommy Cooper** أن يقول. ومن المؤسف أن

الجزء من المنطق الذى يربط المياه بالحياة من النادر أن يكون أكبر من ملاحظة أن الحياة من دون مياه مستحيلة وموازاة أو التسوية بين الحياة والمياه تخفى فى طياتها قفزة هائلة إلى الإيمان(٣).

ولربما كانت الحياة تستقر تحت القشرة الثلجية للقمر «أوروبا»، سواء بسبب ضعيف ذى صلة، وهو أنها ارتحلت إلى هناك من الأرض عبر صخرة نيزكية، أو للسبب الأكثر شهرة، وهو أن الحياة يصعب تجنبها عندما تتوافر المشارطات المناسبة لها. وطبقًا للمدرسة الحاسمة فى البيولوجيا، والتى أملت حديثًا تأييدًا لوجهة النظر الغالبة لهيئة ناسا والتى يشارك معهم فيها بعض المعلقين، والذى يتلخص فى أن الحياة سوف تتشكل أوتوماتيكيًا فى أى بيئة تشبه بيئة الأرض.

نعم خذ كمية من المياه، وأضف إليها بعض الأحماض الأمينية والقليل من بعض العناصر الأخرى، ودعها تتفاعل فى جو حرارى على نحو ما، ولمدة ملايين قليلة من السنوات، وبعدها سوف يملؤنا العجب، ونهمهم بالتساؤلات أثنا تهليلنا للنتيجة: ثمة حياة، هذا المنهج المألوف انتقدته بحدة المدرسة المضادة، التى تركز على التعقيد المرعب أو الرهيب للجزىء الحى حتى فى أبسط أشكال الحياة. هذا التعقيد المحض فى «الحياة» ينمّ عن سلسلة عجيبة من الوقائع، وهى أيضًا ذات طبيعة فريدة فى الكون. وهم يقولون إنه لا توجد أى كمية من المياه، حتى لو تزركشت بكيماويات متخيلة، سوف تنشئ الحياة عبر إحدى حالاتها المزاجية أو هكذا ببساطة. ومن ثم فإن الحياة على الأرض من غير المحتمل أن تكون ضربة بغير رام.

ومن خلال دعواهم بأن المياه تعنى الحياة، فلم يكن علماء ناسا مجرد مبتهجين بمهمتهم، وإنما ضمّنوا حديثهم افتراضًا هائلاً وشهيرًا عن «طبيعة» الطبيعة. لقد قالوا إن قوانين الكون قد برعت فى استنباط وسائل تلاطف بها الحياة لكى توجد، رغم تضاد ذلك مع المواد الخام النيئة المتاحة، والتى تعرضها المبادئ الرياضية للفيزياء ببساطتها الرشيقة، على نحو ما مقدمًا، عن الحياة وتعقيدها. فلو

أن الحياة تظهر تالية وبشكل مستقل عبر «حساء»، فلا بد أنها قد قامت بتشفير تعليمات ذات طابع آخر يقول لها «اصنعى الحياة». ومن خلال هذه الحياة تظهر المنتجات الثانوية: العقل والمعلومات والفهم. ويعنى ذلك أن قوانين الكون قد هندست إدراكها أو فهمها الشامل. وهذه الوجهة من النظر بشأن الطبيعة تخطف الأنفاس، ومهيبة للغاية وترتقى بحصادها إلى المستوى الملكى الفخيم. ومن ناحيتى أتمنى أن يكون ذلك صحيحًا، كما أنه سيكون أمرًا هائلاً لو أنه كذلك. أما لو كانت تقدم بديلاً فى النظرة العلمية للعالم لها نفس الشهرة والأهمية لتلك التى أنشأها من قبل كوبرنيقوس وداروين كلاهما معًا. وسوف لن يخطف لبىّ تلك الأقوال العفويّة، مثل أن المياه بالإضافة للعضويات، تعنى الحياة باعتبارها من الواضح أنها بعيدة عن الوضوح.

ولو أن البيولوجيا القدرية «المحتومة» قد تأكدت من خلال اكتشاف حياة بديلة وراء الأرض، فإن ذلك سيدحض أو يفند بشكل درامى النموذج الأرثوذكسى (الصارم) المنغمس بالكامل فى الصدفوية الداروينية.

تلك «الأرثوذكسية» تعول بأن لا شىء فى الحياة يعتبر مقدّرًا سلفًا، وأن التطور البيولوجى هو تتابع سلسلة من العمليات التى ينقصها المعنى وتفتقد للتوجّه السليم. وليست ثمة غايات أو أسباب نهائية. أما لو كانت الحياة مما لا يمكن تجنبه، فإن ذلك يعنى أن وقائع القدر ليست صامدة أو مقاومة لتحقق غاية محسددة. إنها مبنيّة داخل القوانين. وتبدو «النهاية» على نحو تشككى، كما لو كانت «هدفًا» أو «غرضًا» – الكلمات المقدسة **toboo** فى العلم تحمل فى ثناياها رائحة عصر الأديان الذى توارى.

هذا وتعتبر عواقب العثور على الحياة فى أماكن أخرى من الكون من المسائل الصعبة للغاية. إنها تسمو وتتجاوز مجرد العلم، وتصطدم مع المقولات الفلسفية، مثل عما إذا كانت الحياة تعنى الوجود الفيزيائى، أو أن الحياة بما فيها الكون وأى شىء آخر، هى نوع من العبث ولا غاية لها على الإطلاق. تلك هى

الأهمية القصوى للبحث عن الحياة فى المريخ أو ما وراءه. ولذلك يجب أن نحث هذا البحث كأولوية كبيرة. وهذا أيضًا، يعد سببًا فى أن نظرية «البذور فى كل مكان» تصبح نظرية حاسمة. ولكى نبرهن أن الكون متعاطف بيولوجيًا، فيجب أن نعرف، على سبيل التأكيد، أن الحياة قد حدثت أكثر من مرة، والذى يعنى أن السيطرة على الكواكب تتم عبر التلوث. إن العثور على حياة أرضية فوق المريخ لن يقول لنا شيئًا عن أصل الحياة. ولو أنه يمكن الإقلال من شأن هذا التلوث، فإن ميكروبًا مريخيًا واحدًا يمكن أن يغيّر، وبشكل نهائى، الصورة التى لدينا عن الكون.

إن البحث عن الحياة فى الكون، هو فى حد ذاته بحث عن ذواتنا نحن، من نكون وما هو موقعنا فى المخطط الكبير للأشياء. إذن ما الذى يقترحه علينا الدليل العلمى؟ هل نحن مجرد غرائب تافهة، أو النتاج المتوقع لكون عبقرى متآلف بيولوجيًا؟

هل سبق أن بدأت الحياة؟

كل المناقشة حول أصل الحياة تتواصل، بدءًا من افتراض أن الحياة بالفعل لها أصل. هل من المفهوم أن الحياة كانت دائمة الوجود؟ من الواضح أن الحياة الأرضية لم تكن موجودة على الدوام، لأن الأرض نفسها لم تكن دائمًا موجودة. ولكن ربما كانت الحياة فى مكان ما حول الأرض قبل تشكلها، ثم جاءت هنا عبر إحدى عمليات «البانسبيرميا» (الديدان أو البذور فى كل مكان). وإذا كانت العضويات قابلة للانتقال من نجم إلى نجم آخر عبر الكون، حينئذ يتناقض سؤال هل كانت للحياة بداية إلى سؤال عما إذا كان للكون بداية.

افترض معظم العلماء فى القرن الـ ١٩ أن العالم أبدى. وكان من الممكن وقتها التصديق بأن الحياة تتساوى مكانيًا وزمانيًا فى الفضاء. وهو الموقف الذى

تربع قمــته كل من ســفانت أرهــينيوس **Savante Arrhenius** ولــورد كــيلفن **Lord Kelvin**. أما اليوم، فإن معظم العلماء يعتقدون أن الكــون نفــسه لــم يكــن موجودًا بصفة دائمة، ولكنه بدأ مع الانفجار الكبير، وثمة دلائل ملحوظة تدعم هذه النظرية. ومع ذلك فليست هناك أسباب جذرية معروفة عن السبب فى أن الكون لم يكن موجودًا على الدوام. والنموذج القائم على أنه لم تكن له بداية وليست له نهاية، يتمثل فى نظرية تعرف باسم نظرية الكــون الثابــت أو المــستقر **Steedy-state theory**، والتى راجت فى خمسينيات القرن الماضــى. وكــان مــن المناصــرين الرئيسيين لهذه النظرية فريد هويل **Fred Hoyle**. وكل من نظريتى الانفجار الكبير والكون المستقر يفترضان أن الكون يداوم الامتداد. ففى نظرية الانفجــار الكبيــر تأتى كل مواد الكون للوجود عبر طريق واحد فى الفضاء – بشكل أكثر أو أقــل، وبما أن الكون يمتد، فإن المجرات تتطاير متباعدة ومن ثــم تتنــاقص تــدريجيًا، وبالتالى يتناقص تدريجيًا المستوى العادى لكثافة المادة. وبالقياس مع نظرية الكون المستقر تبقى تلك الكثافة مستقرة. لأن المادة تتخلق باســتمرار مــشكِّلة مجــرات جديدة، تحل مكان المجرات القديمة فى اتساع الكون. وفى قياس كبير، فإن الكــون يبقى على نفس صورته تقريبًا من عصر إلى عصر، كما لو أنه يستكمل ما نقــص فيه أو يعاد شحنه بوقود جديد على نحو جيد.

ولأن الكون الثابت ذاك له عمر لا نهائى، فيمكننــا أن نتخيــل أن الحيــاة بدورها ربما مستمرة فى الوجود إلى الأبد. وبالتالى فإنه لا الكون ولا الحياة كانت لأيهما بداية. وما دامت العضويات يمكنها الانتقال مــن المجــرات القديمــة إلــى المجرات الجديدة، فلا حاجة للحياة للتشكل من جديد عبر كيماويات مــا. وبالتــالى انحلت مشكلة البيولوجيين بالكامل. وليس من الضرورى مــشايعة حالــة الكــون المستقر إلا لتجنب أصل الحياة. إضافة إلى أن الكون يحتفظ على الدوام بعمليــات تَخَلُّقٍ لا نهائية وأنه قديم بشكل أبدى، وطالما استطاعت الميكروبات العثور علــى وسيلة للسفر بأمان من مكان إلى آخر، فربما كانت الحياة على الدوام حائزة علــى

نفس خاصية الكون. وهذا بالضبط ما اقترحه كل مـــن هويـــل وويكراماســـينجى
Wickramasinghe[٤].

ونظرية الحياة الأبدية تسفر عن نتيجة تبعية غريبة. فلو أن الحيـــاة امتـــدت عبر الفضاء والزمن، ولو كان الأمر كما تقول به نظرية الكون المستقر، بأن هناك عددًا لا نهائيًا من الكواكب، فلا بد إذن أن يكون هناك عدد لا نهائى مـــن الـــنظم الحيوية. ولو أن شريحة من هذه النظم طورت نظمًا للذكاء والتقنية، فسوف سيكون هناك عدد لا نهائى من المجتمعات العلمية فى الكون. وبما أنه لا حدود لمنذ متـــى ظهرت هذه المجتمعات العلمية، فإن بعضها بالضرورة سيكون أقدم مـــن غيـــره، وبالتالى أكثر تقدُمًا، وإذا كانت الحياة الميكروبية قد استطاعت الانتشار عبر الكون، فلا بد أن يكون الأمر كذلك مع الحياة الأكثر تقدمًا أو الأكثر ذكاء. وبهذه الكيفيـــة فقد انسقنا إلى نتيجة مؤداها أن ما نسميه «الكون» قد اُقْتُبِسَ من حياة ذكية. والأمر لن يتطلب أكثر من امتداد واحد لأحد المجتمعات التقنية، لكى يسيطر الذكاء علـــى منطقة كبيرة مترامية من الكون. وبالنظر لأن الوقت المتاح لهذه العملية لا حـــدود له، فلا بد فى النهاية أن تتوحد الطبيعة مع الذكاء، ويتساويان معًا فى هذه المنطقـــة المُسيطر عليها، وسيصبح العقل مجرد ملمح دائم للكون، شأنه شأن المادة.

وهذه النتيجة لم تكن غائبة عن هويل، حيث وصـــف فـــى كتابـــه «الكـــون الذكى» **The intelligent universe** حالة للأشياء تشبه كثيرًا مـــا وصـــفته علـــى التو[٥]، فيما عدا وجود قانون ما، لدى الطبيعة تحدّ به نمو الذكاء والتقنية، أو تمنع تشكلات الذكاء من الانتشار عبر الكون، فى الوقت الذى يبقى فيـــه هـــذا القـــانون سامحًا للعضويات الصغيرة البسيطة لكى تفعل ذلك، ولعله من الصعب تجنب هـــذه المقترحات الدرامية لهويل. كما أن فرانسيس كريك **Crick** وليزلى أورجل **Leslie Orgel**، قد توصلا بدورهما إلى نتيجة مـــشابهة، وبـــسبب تأثرهمـــا بالـــصعوبات الحقيقية التى واجهها علماء البيولوجيا فى تفسيرهم للحياة البيولوجية، فقد اقترحـــا فكرة «البانسبيرميا الموجهة» والتى طبقًا لها تحصنت الأرض ببذور الـــذكاء مـــن

خلال كائنات فضائية[٦]. وعبر الامتداد، فإن الحياة يمكنها أن تنتشر حول الكــون كله بهذه الطريقة، دون حاجة لأن تتجذر فى أى منه تحديدًا.

وكثير من الناس يرون فى فكرة «الحياة الكونية» أنها فكرة جذابة. ولكن مع ذلك، ومن الناحية العلمية، فهى تنطوى على قدر قليل من الغش. إنها تحاول تجنب أو تراوغ مشكلة أصل الحياة بنقلها إلى الفضاء، وعائدة بها زمنيًا إلى الوراء حتى تختفى نهائيًا من المشهد. ومع أنه لا يوجد ما هو خطأ من الناحية المنطقية فى تلك النظرية فى خصوصية أن الحياة والكون كانا دائمًا موجودين، إلا أنها لا تُقَدِّم لنـــا تفسيرًا لأى منهما. فإنك لا تستطيع أن تشرح شيئًا بأنه كان موجودًا على الــدوام. وعليه فأنا من الآن فصاعدًا سأفترض أن الحياة بدأت فى مكان ما وبطريقـــة مـــا، وربما على نحو مستقل فى بعض الأماكن، متسائلاً عمَّ تتطلب الطبيعة توظيفه من أجل تحقق ذلك؟

هل زودتنا قوانين الطبيعة بأسباب الحياة؟

(الكون لم يكن فى حالة «حمل» بالحيـــاة، ولا كانـــت الأجـــواء «حبلى» بالإنسان)[٧].

جاك مونود Jacques Monod

بل أنت مخطئ، فقد كانا كذلك.

كريستيان دى دوف[٨] Christian de Duve

لقد أمسك جاك مونود بالفكرة وأشار إليها، وهى أن الطبيعة نتـــاج لعـــاملين أساسيين هما: المصادفة والقانون أو «الضرورة» كما شاء هو أن يعبِّر عنهما. خذ مثالاً على ذلك مدار الأرض حول الشمس: إنه مدار إهليلجي (بيـــضاوى الـــشكل) طبقًا لقوانين نيوتن بشأن الحركة والجاذبية. وربمـــا القـــول بـــأن شـــكل المـــدار

بالضرورة إهليلجى، ومن الناحية الأخرى فإن المقاييس الدقيقة للمدار، مثـل كـم البعد العادى للأرض عن الشمس؟ تنتج عن عوامل كثيرة معقدة والمتضمنة بعـض الوقائع التاريخية المتصلة بما هو الشيء الذى ضرب السديم الشمسى. ليست ثمـة ضرورة أن تدور الأرض حول الشمس وهى على بُعْد ١٥٠ مليون كيلومتر عنها، بديلاً عما هو مفروض، قل مثلاً مائتى مليون كيلومتر. فالمدار الفعلى إذن يخضع جزئيًا للضرورة وجزئيًا للمصادفة. وإذا ما عثرنا على كوكب يـشبه الأرض فـى نظام نجمى آخر، فلن يتطابق مداره مع مدار الأرض حول الـشمس بـالكيلومتر، واحدًا إثر الآخر، ولكن قانون الجاذبية هو الذى سيتطلب منه اتخاذ مدار إهليلجى.

ولدينا مثال شديد التطرف على «الضرورة» يتمثل فى البللور. فالترتيبـات الهندسية للنظام الشبكى للبلورة تتحدد بالكامل على أساس عمـل القـوى الداخليـة لذراتها. بللورتان من الملح الخالص سوف يتطابق تركيبهما، كما أن الأمر كـذلك بالنسبة لبللورتين من الماس **diamond**، والمصادفة لا تدخل فى هذا، فـالبللورات تتشكل بالضرورة كذلك. وبالمقارنة لدينا مثال آخر شديد التطـرف بـدوره علـى المصادفة ألا وهو ماكينة الكرات «المدفوعة»، إذن لا شك فى أن الكرات ستخضع لقوانين نيوتن عن الحركة، فى تصادمها مع القطع الخشبية التـى تـدفعها، إنمـا سيكون مصيرها النهائى صدفويًا بالكامل. فنحن لا نتوقع أن تنتهى هـذه الكـرات دائمًا فى الحفرة المرجوَّة.

وعندما نأتى للحياة فما القدر منها الذى يخضع للمصادفة، والقدر منها الذى يخضع للضرورة؟ مونود نفسه لم تكن لديه أى شكوك فى أنهـا بالكامـل وبـشكل ساحق تخضع للمصادفة، وقد احتفظ بصورة مشهدية تمجد هذا التصور فى كتابـه الشهير المعنون «المصادفة والضرورة» **Chance and Necessity**. لقـد ناضـل مونود من أجل فكرة أكثر من ذلك وهى أن صدفوية الحياة لم تكـن فقـط تطبيقًـا للطبيعة العشوائية وغير المُوَجَّهة للتطور. ولكن للعمليات الفيزيائية التـى أنـشأت الحياة فى المقام الأول. وبالنسبة لمونود فإن تكوّن أو نشوء الحيـاة كـان مجـرد

انعطاف حاد من «القدر» فى «لعبة» لوتارى كونية عمياء. وكما سبق أن شرحت فى الفصل الثالث، عن احتمالية تشكل الحياة بشكل منفرد من خلال عشوائية الخلط غير المنظم (اللخبطة) بين الجزيئات التى تعتبر حالة متناهية الصغر فى ضآلتها. ولو كانت قد حدثت على هذا النحو، فسيكون ذلك لمرة واحدة فى هذا الكون الذى نلحظه ونراه.

فلو أننا عثرنا على حياة فوق المريخ أو فى أى مكان آخر من دون أن يكون للبانسبيرميا دخل فى ذلك، فإن مذهب مونود فى الصدفوية، ومعه وجهات النظر الفلسفية التى اتخذت طابع الانعزال والكآبة المؤيدة له، ستكون جميعًا غير قابلة للتصديق. وهؤلاء الذين يعتقدون بأننا لسنا وحدنا فى الكون، يرفضون فعليًا فكرة المصادفة العمياء كتفسير لأصل الحياة، ويفترضون وجود عامل الضرورة أو سطوة القانون فى المسألة. وبكلمات أخرى، هم يفترضون أن ظهور الحياة من بين كيمياويات غير حيّة، نتاج للقوانين الكونية فى مجراها العادى، وإذا كانت هذه القوانين قد عملت على هذا النحو هنا فى الأرض، فمن الطبيعى أن يتشابه ما تفعله على كواكب أخرى أيضًا. وهى وجهة نظر أقرها المجلس الوطنى الأمريكى للعلوم فى تقييمه للحياة الموعودة فوق المريخ[٩]. «وبالنظر لظهور الحياة على الأرض، فإنه يبدو ممكنا أو حتى قابلاً للتصديق بأنها ظهرت على المريخ فى ظل ظروف مشابهة، وتقريبًا فى الوقت نفسه».

والمعتقد القائل بأنه ما دامت الحياة وُجِدَتْ على الأرض، فلا بد أن تكون شائعة عبر الكون كله، أحيانًا ما يتسمى بـ «القدرية» أو المحدّد بواسطة القضاء والقدر أو «الحتمى»[١٠]. ويبدو أن هذه التسمية منتشرة بشكل واسع بين الفلكيين والكيميائيين والفيزيائيين، وبشكل أكثر ندرة، بين البيولوجيين[١١]. إذ إنه حيال تقييم الأمر ومدى صلته بأهمية المصادفة والضرورة فيما يتعلق بأصل الحياة، ينحاز معظم البيولوجيين إلى جانب وجهة نظر مونود فى المصادفة كعامل مهيمن. ولكن هناك بعض الاستثناءات فى ذلك. إذ سنجد أن كريستيان دى دوف، أحد الحائزين

على جائزة نوبل مثله مثل مونود، والذى يرى أن تشكل الحياة لم يكن مما يمكـن تجنبه وأنه تسارع فى ظل الظروف التى ناسبته. ففى كتابـه المعنـون «الغبـار الحيوى» **Vital Dust**، الذى يحمل عنوانًا فرعيًا يقول: «الحياة كفعل أمر كـونى» **Life as a cosmic imperative**، اعتقد أن الكون كان بمثابة «سرير المهد» بالنسبة للحياة، والتى ظهرت كنتيجة تبعية تلقائية تبعًا لقوانين الطبيعة، وكتب[١٢]: «الحيـاة هى منتج لقوى حتمية» و «الحياة كانت مضطرة للظهور فى ظل الظروف الكاشفة لها، وستظهر بالطريقة نفسها، أينما وحينما تتحصل على ذات الظروف ... الحيـاة والعقل لم يظهرا كنتيجة لحادث نزوى أو خاضع للهوى، ولكـن كتمثُّـل طبيعـى للمادة، مكتوبًا فى نسيج الكون».

ما هى إذن تلك القوانين المتآلفة بيولوجيًا، التى شجعت بوضوح كـلاً مـن المادة والطاقة غير المنظمتين على التسارع نحو طريق الحياة؟ هل هنـاك مبـادئ بيولوجية خاصة فى حالة عمل؟ أو أنها القوانين العادية للفيزياء، هى التى قامـت بتحقيق «اللعبة» أو «الخدعة» إذا شئت؟ من الناحية التاريخية، هنـاك نموذجـان لوجهتى النظر منذ القدم، فمن ناحيته اقترح أرسطو **Aristotle** مثلاً أن الحياة هـى عرض للمبدأ المنظم للكون. وداروين أيضًا اقترح[١٣]. «أن مبدأ الحيـاة مـن الآن فصاعدًا سيظهر على أنه جزء أو نتيجة تبعية لقانون عام ما». وأظـن أنـه مـن العدل، مع ذلك، أن قلة من البيولوجيين يعتقدون اليوم بأن ثمة قوانين للحياة بـنفس طريقة وجود قوانين للفيزياء. والكثيرون يجدون فى فكرة وجود قوانين خاصـة أو مبادئ خاصة هى التى قادت المادة فى اتجاه الحياة، فوق وأكثـر مـن القـوانين الأساسية للفيزياء، هى فكرة ذات مغزى روحى لا يتسنى إدراكه عقليًـا، وفكـرة تذكرية فيما يتعلق بالحيوية، وذلك فى آن معًا.

وهكذا فربما تكون القوى اللازمة والضرورية لإنتاج الحياة مُتضمّنة بالفعل فى قوانين الفيزياء ذاتها؟ تخيل أن الحياة تظهر فـى «حسـاء» بـنفس الطريقـة المستقلة التى تظهر بها بللورة فى محلول مُشْبَع بشكلها النهـائى والمحـدد مـسبقًا

بواسطة القوى الداخلية للذرات. وخذ فى اعتبارك مثلاً: الطريقة التى تـرتبط بهـا الأحماض الأمينية مع بعضها لتنتج الببيتيدات المتعددة التى هى ذخيرة البـروتين. ولاحظ أنه لكى تحصل على وظيفة بيولوجية. فلا بد أن ترتبط الأحماض الأمينيـة فى تتابع معين مناسب، لأنها لو ارتبطت بشكل معدّل قديم، فلا مجال هناك لفرصة الحصول على بروتين له فائدة. لكن افترض أن القوى داخل الذرات التـى تعمـل على إجبار وصياغة الببتيد، والذى يُعَدُّ عبدًا لها لا يفعل سوى ما تأمره به، كانت قادرة على التمييز بين التتابعات المختلفة. فلربما تستطيع هذه القـوى أن تفـضل تجميع الأحماض الأمينية على نحو يجعلها مفيدة بيولوجيًا.

وربما كانت مصادفة أن الأبحاث تدعى ذلك بالضبط فقد اختبـر كـل مـن جارى ستينمان **Gary Steinman** وماريان كول **Marian Cole** اللذين يعملان فى جامعة ولاية بنسلفانيا، وذلك فى ستينيات القرن الماضى، أقـول اختبـرا تقـارير تعنى: «بأن الأحماض الأمينية ربما شكلت سلاسل ببتيـدات بطريقـة عـشوائية محضة»[١٤]، وبدا أن تجاربهما تؤكد أن الجزيئات ذات القيمة أو المغزى للحياة قـد صُنعت على أساس المفاضلة. «وهذه النتيجة أيقظت المـشهد برمتـه باعتبارهـا فريدة، بما يعنى أن تتابعات الببتيدات الوثيقة الصلة بالحياة، ربما تكون قد أُنتجـت فى وقت سابق على الحياة. وهى العبارة التى كتباها كما لاحظنا – ستينمان وكول: «أن تفاعلات المفاضلة كانت على مستوى عالٍ من التنظيم أيضًا بالنـسبة للنظـام البيويوجى».

وادعى ستينمان وكول أن المادة لديها ميل متأصل لتلمس طريقهـا للحيـاة طبقًا لفضيلة الانجذابات الكيميائية التى تعمل بين الذرات والجزيئات[١٥]. وفى هـذا لم يكونا وحدهما، فقد توصل سيدنى فوكس **Sidney Fox** إلى خلاصة قـال فيهـا: «الأحماض الأمينية تحدد نظامها الخاص بها فى درجة كثافتها» وإن تلك الأحماض غير العشوائية و«التى تصدر تعليماتها ذاتيًا» هـى التـى تـنفخ فـى الجزيئـات الماكروية المعلومات الحيوية الحاسمة، ممهّدة بذلك الطريق للحياة. ومثل سـيدنى

فوكس، فقد كان المرحوم سيريل بونامبيروما **Cyril Ponnamperuma**، والذى كان واحدًا من الروّاد فى بحوث النشوء والتكوّن، قد اعتقد «أن ثمة خواص موروثة فى الذرات والجزيئات، والتى يبدو أنها تقود عملية التركيب والتكوين فى اتجاه الحياة(١٦)». وكرر فى أقواله الخطر المألوف فى التسبيب بأن قوالب بناء الحياة منتشرة على اتساع الكون، وعلى ذلك يجب أن تكون الحياة أيضًا(١٧): لقد اكتشفت الدراسات الفلكية الرادارية نظامًا أو حشدًا وفيرًا من الجزيئات فى وسط ما بين النجوم. وهكذا نجد أنفسنا مسوقين للنتيجة، التى لا مهرب منها، وهى أن الحياة لها مستقر عادى فى الكون (أوضحت فى الفصل الثالث أن هذه المناقشة زائفة بالكامل، ومن قبيل مراجعة ما ذكرته من مجاز: القوالب بذاتها لا تبنى وحدها منزلاً (١٨).

ولو أننا تأملنا «حساء» من الكيماويات، والمدى القريب من اللا نهائى والممكن للتفاعلات، سوف نجد شجرة واسعة من القرارات للترتيبات التى يجب أن تجربها الجزيئات، ولكنها فقط غصينات قليلة من الشجرة التى ستقود إلى الحياة. أما فوكس وبونامبيروما، فقد اقترحا أن الأفضلية التى تحكم الصلات الكيماوية، هى التى ستغوى الجزيئات المشاركة تجاه الطريق الصحيح عبر الشجرة، إلى أن تُبقى على الحياة. وإذا كان هذا صحيحًا فسوف يكون صاعقًا ومذهلاً، ولا أقول غير قابل للتصديق. فالادعاء بأن عمليات الذرات تتضمن انحيازًا داخليًا فى ذواتها تفضل به العضويات الحية، يُعنى أن قانون فيزياء الذرات يحتوى فى ذاته، وبشكل مؤثر، على «الطبعة المبدئية للحياة». وسوف تكون هناك رابطة بين القوى الأساسية التى تعمل على الذرات، وبين المنتج النهائى والميكروسكوبى المعقد - العضو الوظيفى. ولكن ماذا ستكون عليه طبيعة تلك الرابطة؟ وكيف تستطيع قوانين الفيزياء الأساسية أن تعرف شيئًا عن التعقيد، وعن المعلومات التى تحملها جواهر مثل الخلايا الحيّة؟

ولإيضاح جوهر اعتراضي، فهو كالتالي: المعروف عن قوانين الفيزياء التي تعمل بين الذرات والجزيئات أنها بحسب التعريف، بسيطة وعامة. وعلينا ألا نتوقع منها وحدها أن تؤدي بصرامة إلى شيء عالي التعقيد أو شديد التخصص. ولتدعني أطرح عليك أين تكمن المشكلة. ففي الفصل الرابع، أشرت إلى أن التكوين الجيني هو بالكثير أو القليل، عبارة عن تتابعات عشوائية للأزواج القاعدية، وأن هذه العشوائية بذاتها ضرورية، إذا كان عليها دور في إطلاق أو استخراج جزيئات غنية بالمعلومات. ولكن هذه الحقيقة تتناقض بشكل تام مع الادعاء بأن الجينات يتسنى لها أن تتكاثر من خلال عملية أشبه بالقانون، تتسم بالبساطة وإمكانية التنبؤ بها. وكما شرحت في ذلك الفصل أن القانون هو وسيلة لضغط قائمة المعلومات بطريقة حسابية ووصف التعقيد الواضح بواسطة معادلة بسيطة أو إجراء سهل. وعلى سبيل الحديث، فليس ثمة قانون بسيط يستطيع أن ينمي وحده، أو أن يأمر الجزيئات الماكروية الحجم بثرائها المعلوماتي العشوائي، لكي ينتظمها سمط ما. إن قانون الطبيعة الذي نعرفه ونحبه لن ينشئ معلومات بيولوجية، أو بالطبع أي معلومات على الإطلاق. فالقوانين العادية دائمًا ما تنقل قائمة المعلومات من حالة المدخلات **input** إلى حالة المخرجات **output** وهي تستطيع أن تعدل في المعلومات أو تخلط بينها ولكنها ليس بمقدورها أن تنشئها. إن قوانين الفيزياء التي تحدد أي ذرة سوف تتفاعل مع ماذا، وكيف، هي من الناحية الحسابية بسيطة للغاية، وتحتوي نسبيًا على معلومة صغيرة. ويستتبع ذلك أنها غير قادرة على مسئولية إنشاء جزيء ماكروي معلوماتي إن صح التعبير. وعلى عكس الدعوى التي تكررت كثيرًا، فإن الحياة لا يمكن أن تكون «مكتوبة» داخل قوانين الفيزياء. وعلى الأقل ليس داخل أي شيء مثل قوانين الفيزياء التي نعرفها حاليًا[١٩].

وإذا ما قبلنا أن الخريطة الجينية عشوائية وثرية المعلومات، وتكون في الوقت نفسه منجذبة لكيماويات غير عشوائية لتصنيع الحياة، فإن ذلك سيكون

تناقضًا واضحًا. واللا عشوائية في حد ذاتها هي عكس المتطلب لإنتاج جزيئات ماكروية عشوائية، والمسألة برمتها تنحصر في الشفرة الجينية، هي على سبيل المثال إطلاق أو تحرير للحياة من عوائق أو قيود وعبودية الكيماويات اللا عشوائية. والجينية يمكنها أن تختار ما تريده من تتابعات الأحماض الأمينية ومن دون وعي منها بالتفضيلات، التي يمكن أن تجربها الجزيئات. وهي تحقق ذلك عن طريق نشر إنزيمات خاصة، مصممة خصيصًا لتجتاز ما تميل إليه الكيماويات غير العشوائية. وهذا هو السبب الذي تلجأ من أجله الحياة لمصاعب أن تكون لديها معلومات مشفرة وسوفت وير يتوسط عملية التفاعل بين الحمض والبروتين في الجزيء. إن الحياة تفعل سحرها، ليس بالإذعان للكيمياء الموجهة، وإنما بتطويق ما هو طبيعي كيميائيًا، وما هو من سمة الديناميكا الحرارية.

نعم من الطبيعي أن تستجيب العضويات لقوانين الفيزياء، ولكن هذه القوانين تعتبر اتفاقية أو عرضية بالنسبة للبيولوجيا والكيمياء. والدور الرئيسي يكمن في السماح بنظام منطقي ومعلوماتي لتحوز وجودها. وعندما تكون التفاعلات الكيماوية سهلة ومتناسبة مع الديناميكا الحرارية، فسوف تستخدمها الحياة بابتهاج، ولكن لو احتاجت الحياة لتحقيق كيمياء «غير طبيعية»، فسوف تجد طريقًا إلى ذلك. وسوف تنسج ما يحث على قيام التفاعلات الغريبة، وستصنع الجزيئات المشحونة بشكل صحيح، وأحيانًا في تجميعات معقدة، تقود المسألة ضد المحتوى الديناميكي الحراري. والخطوة المفتاح، التي أجريت في طريق النشوء، هي التحول من خضوع الجزيئات لمتابعة طريق الكيمياء الأرضية، إلى تنظيم نفسها لحفر طريقها الذاتي. إن قابلية خلط الجبن بالطباشير التي تجرى في الهيمنة على السوفت وير، والتي تعتبر وسيلة للتمثيل بها في استخدام الكود الجيني، هي خير وسيلة للتعبير عن هذا التصاعد. واختيار أو تفضيل الحياة لقيود الكيمياء من خلال توظيف قناة تحكُّم في المعلومات، كي تحررها لتحلق فوق ما يشبه الكتلة المرتبكة لتفاعلات الذرات، منشئة عالمًا بارزًا مستقلاً بذاته.

وبمجرد أن أمسكنا بهذه النقطة الرئيسية تكون المشكلة الحقيقية قد تم حلّها، ومن النجاحات البارزة للبيولوجيا الجزيئية، أن معظم الباحثين قد فكروا فى أن سر الحياة يكمن فى فيزياء وكيمياء الجزيئات. ولكن جهودهم ستكون عديمة الجدوى إذا نظروا إلى الكيمياء والفيزياء الكلاسيكية لشرح الحياة، لأن هذه تعد حالة قديمة للخلط بين الوسيلة والرسالة. ولأن سر الحياة لا يقوم على الأسس الكيمياوية، ولكن يظل فى قواعد المنطق والمعلومات التى تستغلها أو تستثمرها فى إظهار مواهبها.

ولا بد لى أن أشير إلى الثغرات أو الفجوات **loophole** التى تقفز فى مجادلتى تلك، فلتستحضر ما ناقشته فى الفصل الرابع حول التعقيد فى الحساب والتتابعات المزدوجة، لأنك إن وجدت معادلة مدمجة أو متضامّة، والتى تتكاثر فى تتابعات مغطاة، تكون قد برهنت بوضوح أن النتيجة التبعية ليست عشوائية. ومع ذلك إذا حاولت وفشلت فى العثور على معادلة، فأنت بذلك لم تستطع البرهنة على العكس، وهو أن النتيجة التبعية عشوائية بالضرورة. وربما تكون قد عاينت أو تفحصت معادلة غريبة أو غامضة والتى سوف تثمر نتيجة تبعية تأخذ شكل العشوائية. وفى الحقيقة أنها يمكن أن تظهر على أنها بصفة عامة يستحيل أن تبرهن على العشوائية[٢٠]. وبترجمة ذلك إلى مجال مشكلة النشوء والتكوّن، فإنه يعنى أننا لن يتسنى لنا أبدًا أن نسيطر على إمكانية أن الجينات قد تكاثرت بطريقة تشبه القانون، مثل قوانين للفيزياء ماهرة أو ذكية ومجهزة بأدواتها. لكن هناك ثمنًا يلزم دفعه، لأنه لو كان الأمر كذلك، فالحياة فى واقعها بسيطة للغاية، وإن بدت معقدة.

وثمة أمثلة عديدة فى الطبيعة لنظم تبدو معقدة بشكل مخادع لأنها فى الحقيقة غير ذلك. وهى نماذج لأشياء عفوية أو تلقائية تبدو للعين العادية على أنها معقدة، وهى فى حقيقتها تخفى البساطة التى تكتشفها العين المدققة، وأمثلة من هذا النوع تشتمل على أداء غاية فى القبح أو التعقيد مثل خطوط الشواطئ، وسطوح الركام الرملى المنزلقة وحلقات الكوكب زحل، وكثير من هذه الملامح الطبيعية، يمكن

إخضاعه لنموذج هندسى معروف بـــ «المتشعب» fracfals. وهذه المتشعبات تبدو غير عادية وشاذة إلى ما لا نهاية ومعقدة، وفى الحقيقة تقوم بعملية تبسيط رياضى لخاصية تعرف بالتشابه الذاتى Self-smilarity. وبأسلوب عــادى، فــإن نمــوذج التشابه الذاتى هو الذى درجة شذوذه تكون هى نفسها عندما يكون فى مـــستوى أو قياس أطول. وكنتيجة لذلك، فالمتشعبات فى الحقيقة لا تتطلب معلومات على جانب من الأهمية لتوصيفها أو الإكثار منها أو توليدها[٢١]. ومن أشهر هـــذه المتـــشعبات مجموعة ماندلبروت وتلك التى يتم إجراؤها فى الألوان كشكل من أشـــكال الفـــن، والتى أيضًا يمكن تنفيذها على الكمبيوتر بواســـطة عمليـــة حـــسابية غايـــة فـــى البساطة[٢٢]. وهذه النظم غير المنطقية العديدة، التى تبدو كأمثلة علـــى العـــشوائية المعقدة وهى فى الحقيقة والواقع بعيدة تمامًا عنها، بل هى غير عشوائية بالمرة.

هل يمكن للحياة أن تكون كذلك: ظاهريًا معقدة، وفعليًا بسيطة للغاية، مثـــل المتشعبات، وعلى ذلك هى نتاج لعملية تشبه القانون البسيط؟ وهل من الـــضرورى افتراض أن كل الحياة بسيطة: فقط الإحياء الأولى. وبمجرد الهبة الأولـــى لوجـــود الحياة، فإن التطور الداروينى يمكنه أن يضيف التعقيد الذى لا يمكـــن إنقاصــــه أو اختزاله. أنا شخصيًا لا أعتقد فى صحة ذلك، ليس على الأقل لأنها تتطلب نظـــرة للطبيعة، تعنى أنها مُساقة أو تتم قيادتها أو مستنبطة بمعرفة وسائل أخرى، وعلـــى نحو لا يمكن تصديقه. وادعاء بأنه توجد فعليًا شفرة داخل الشفرة، تقـــوم بتكـــاثر للكائنات الحية عند الطلب من خلال معادلة بسيطة، هو أمر بعيـــد جـــدًا عـــن أن يجذبنى أو يجعلنى أميل إليه، أو لأنه بعيد عن استحضاره كفكرة معقولة.

هل هى الداروينية Darwinism دائمًا وعلى طول الخط؟

ناقشت فى القسم السابق أن تحميل الأمر لنظام ماكر تبدو فيه الحياة فعليًـــا، وكأنها البساطة وهى ترتدى زيًا تنكريًا من التعقيد، وأن القوانين العادية للفيزياء لا

يمكنها أن تأمر الحياة كي توجد. ولكن ليست هذه بعد، هي كل أشكال المقدرات أو الغائيات البيولوجية والتي يجلبها نظام خارجي. ولا تزال تبقى الحياة مما يتعذر تجنبه، أو على الأقل تم تفضيلها بقوة عند توافر المشارطات الصحيحة المناسبة لها. ذلك أن بعض العلماء يقترحون شكلاً آخر للغائية أضعف من ذلك ولكنه مقبول أو جدير بالثقة، وعلى سبيل المثال يرى كريستيان دى دوف **Christian de Duve** أن المصادفة تلعب دورًا، ولكنه دور مغموس بمختلف القيود الفيزيائية التي تفرض توجهًا عامًا على الحياة باعتباره قدرها المتوقع. ورغم أن تلك القيود مطردة الاستمرار، فهي غير محددة عندما نأتي لتفاصيل التراكيب الكيمائية. وفي هذا، فإن دى دوف يشبه حالة الماء المنصب في فوهة إلى بطنها أو حلقومها باعتباره اتجاهًا عامًا سابق التحديد، طبقًا لتشكلات المنظر العام لطبيعة الأرض. ولذلك كان قابلاً لكتابة[٢٣]: «ظهور الحياة كان من (مخرجات) أو نتيجة عمليات مقدرة على نحو عال، وتتحقق من الناحية الفعلية في ظل المشارطات الفيزيائية الكيميائية التي تكشفت آنئذ».

وهناك أيضًا أفكار ستيوارت كوفمان **Stuart Kauffman** والتي ناقشتها في الفصل الخامس، والذي لا يدعي أن هناك طبعة أولية سابقة للحياة، وإنما فقط نزوع طبيعي لظهور تعقيد منظَّم عند توافر شروطه المناسبة، وهكذا لا يجب أن تمثِّل الحياة مفاجأة على الإطلاق: «هي خاصية جماعية ومُتوقعة للنظم المعقدة»[٢٤]. ورأى «أن جذور الحياة عديدة، وأصلها مع أنه عويص وعميق، لكنه يظل بسيطًا». وطبقًا لنظرية كوفمان، فليس ثمة هدف محدد للنهاية مُشفَّر في مبادئ التنظيم الذاتي **self-organization**، ولا ميكروبات كعلامة مميزة، وإنما فقط ميل عام لنوع من حالات التعقيد، التي يمكن أن تؤدى للحياة.

ومع جاذبية هذه المجادلات، مازلنا باقين مع سر أو غموض من أين جاءت معلومات التشكلات البيولوجية؟ والاعتراض الذي قدمته في القسم السابق لم يزل صالحًا. إذا لم تكن قوانين الفيزياء العادية قادرة على المد بالمعلومات، وإذا ما كنا

مسيطرين على المعجزات، فكيف للحياة أن تكون مقدّرة سلفًا ومن المتعذر اجتنابها أكثر من كونها مصادفة نزوية؟ كيف يمكن إكثار التعقيد العشوائي مع التخصصية بطريقة تشبه القانون؟ نحن نعود دوما إلى التناقض الأساسي.

وأعتقد أن هناك حلاً لهذه المشكلة، ولكنه من النوع الجذري، والذي يعارضه بشدة علماء عديدون. ومع ذلك فكلما تملكتني الحيرة تجاه النشوء البيولوجي، شعرت بأنه لا مهرب لنا من احتضان شيء من مثل هذا الحل. ودعني أرسم لك رسمًا كروكيًا لما يدور في ذهني. لقد ذكرت في الفصل الثاني أن شرودنجر قد تحيَّر بما فيه الكفاية مع هذه المشكلة لدرجة اقتراحه في النهاية «لنوع جديد من القوانين الفيزيائية». وأعتقد أن شرودنجر كان على الطريق الصحيح، ومع ذلك فلسنا في حاجة لقانون فيزيائي آخر[٢٥]، لا بد لنا أن نجيل النظر في مكان آخر، ولكن أين؟

ثمة مجالان يقدمان لنا مفاتيح مُعذِّبة أو قُلْ من النوع – الغير المرغوب فيه، ولكننا نستبعدها باستمرار. المجال الأول يتمثل في نظرية التعقيد. ولقد ذكرت بالفعل العمل المَرْوِى والمتصل بما ذكره كوفمان عن الشبكات الكيماوية ودوائر الحفز الأوتوماتيكية **chemical networks and autocatalyic cycles** وكيف أُجريت في السنوات الأخيرة أبحاث كثيرة عن نظم التعقيد بصفة عامة. وكثير من تلك البحوث قد وصلت إلى نتيجة، مؤداها أن هناك مبادئ رياضية عالمية تحكم سلوك هذه النظم. وتلك المبادئ لا يمكن استنباطها من ثنايا القوانين الفيزيائية القائمة، لأنها ليست قوانين فيزيائية بالمعنى العام. وبدلاً من ذلك، فإنها تبرز عبر البناء المنطقي للنظام، وتعتمد فقط بشكل غير مباشر على القوى الفيزيائية المتصلة بالأمر، ولهذا السبب يمكن على الفور عمل نماذج منها كألعاب على الكمبيوتر. وكثير من هذه النماذج الكمبيوترية تقوم وبقوة بما يشبه القدرات الحيوية، حتى إن واحدة منها تسمى «لعبة الحياة»[٢٦] **Game of Life**. ويوجد الآن مجال ممتد من الأبحاث حول «الحياة الاصطناعية» **artificial life** والتي تقوم على هذه النماذج

الكمبيوترية[٢٧]. وأمل كثير من نظريات التعقيد يتمثل في أن نوعًا من عمليات التنظيم الذاتي الفيزيائية يمكن أن تنشئ نظامًا فيزيائيًا فوق عتبة معينة للتعقيد، وعند هذه النقطة يبدأ هذا اللون الجديد من قوانين التعقيد في التعبير عن نفسها مانحة للنظام أو فارضة عليه تأثيرات غير عقلانية بالنسبة للتنظيم الذاتي والتعقيد الذاتي، وسوف تتمثل النتيجة في سلسلة من التحولات التي ترفع النظام – على غير توقع – على سلم التعقيد. وفي ظل الدعوة المُوجِّهة من مثل هذه القوانين، فربما يتجه النظام بسرعة إلى الحياة. وإذا كان هذا صحيحًا فإنه يعني أن الحياة ليست بالتمام، مكتوبة في قوانين الفيزياء كشيء مُتضمَّن في منطق الكون.

وفي رأيي الشخصي، فإن قوانين التعقيد التي تظهر على هذا النحو تقدم لنا أملاً في فهم أحسن ليس فقط للنشوء البيولوجي، بل وللتطور البيولوجي أيضًا. ومثل هذه القوانين قد تختلف عن القوانين الفيزيائية بطريقة جذرية ومهمة. إذ بينما تقوم قوانين الفيزياء بمجرد نقل المعلومات وتعديلها حولنا، فربما ينشئ قانون التعقيد بالفعل المعلومات، أو على الأقل تسحبها أو تجرّها من البيئة وتتصاعد بها إلى بناء أحادي[٢٨]. وهذا سيمثل مفارقة أو هجرًا رئيسيًا للصورة التقليدية للعالم، والتي هي قابلة للإنقاص، والتي تعمل فيها القوى بين العناصر الداخلية للمادة، ويتم التعامل فيها مع المعلومات كمفهوم ثانوي واشتقاقي. ويتحصل اقتراحي في قبول المعلومات ككمية فيزيائية حقيقية، والتي يمكن مقايضتها «بالقوى المعلوماتية» بنفس الطريقة التي تتحرك بها المادة حولنا بواسطة القوى الفيزيائية. كما تعني أيضًا قبول التعقيد كمتنوع فيزيائي له كفاءة أو فعاليّة سببية حقيقية أكثر من كونه مجرد وصف كمي لكيف يكون النظام معقدًا. وأنا أعتقد أنه في ظل حركة القانون المعلوماتي، فإن قناة المعلومات، والسوفت وير الخاضع للسيطرة عليه بالاشتراك مع الشيفرة الجينية، يمكنه أن يبرز للوجود.

وربما أكون قدمت اقتراحي في شكل يبدو أكثر جذرية مما هو عليه بالفعل. لأن قانون المعلوماتية أو السوفت وير، قد اقترحتهما أو الشبيه بهما في أبحاث

عديدة. وعلى سبيل المثال فقد كتب مانفرد إيجن **Manfred Eigen**[٢٩]: «هدفنا هو العثور على حساب وقانون طبيعي يقودنا إلى أصل المعلومات». وبالرغم من معرفة الدور الحاسم الذي تؤديه الجزيئات. فقد رأت الداروينية ومعها إيجن وزملاؤه أنه – مع ذلك – فليس ثمة حاجة للاستزادة بعمليات فيزيائية يمكن أن تصبح مصدرًا إضافيًا للمعلومات[٣٠].

وبصفة مبدئية كنت قد ناقشت فكرة «السوفت وير» هذه منذ عدة سنوات مضت في كتابي المعنون: «الطبعة الأولية للكون» **The Cosmic Blueprint**، حيث تفكرت مليًا في القوانين الجديدة المتماسكة معها والتي لا يمكن إيجازها إلى قوانين الفيزياء المعروفة. وعندما تجهزت لتأليف الكتاب الحالي لم أكن معتقدًا أن مثل هذه القوانين كانت ضرورية لشرح عملية النشوء والتكوّن. وبدلاً من ذلك افترضت أنها حالة من الداروينية دائمًا وطوال الوقت. ومتأثرًا بالأعمال المعملية بخصوص الجزيئات المعيدة نسخ ذواتها، والسهولة الواضحة لكيفية تشكل لبنات البناء، فقد وجدت من المخادع، الظن بأن المصادفة وحدها يمكن أن تنتج جزيئًا، مُعيد نسخ ذاته وبهذه السرعة. وبعدها، فإن تطور الجزيء سيأخذ مجراه، مشتقًا أو مستنبطًا مباشرة النظام المؤدي للحياة الخلوية. وبعد دراستي للنظريات المتنوعة المتاحة فقد أصبحت الآن أكثر تشككا. إذ يبدو لي أن الأمر لا يشبه كثيرًا أن كل ما تحتاجه الحياة أو الجزيء للظهور هو تفاعلات كيميائية صحيحة. وأعتقد أن التقدم الحقيقي ومعه سر النشوء سوف يصبحان في المتناول، ليس من عنديات الكيمياء، وإنما من خلال مفاهيم جديدة.

ويمكن لخلطه من الجزيئات الداروينية وقوانين التعقيد المنظم أن يُقدّما طريقًا للأمام، من خلال سيناريو يتضمن شكلاً من جزيء ناسخ لذاته وصغير وله صلة بالمسألة، يمكن أن يبدأ بالمصادفة في الظهور بواسطة الوسائل الداروينية، ولكن العمليات لا بد أن تحصل على مساعدة، أو أنه تم تجاوزها بمعرفة مبادئ تنظيمية تمنحها التخصصية والمعلوماتية[٣١]. وهذه المبادئ التنظيمية سوف تُضخم

أو تُوَمِّع الاختيارات في العملية التطورية، كما تؤدى إلى قفزات مفاجئة في التعقيد، أكثر مما يتوقعه التطور الدارويني لو كان يعمل وحده.

هذا والخط الثاني من البحوث في هذا المجال والتي قد تُحَمَّل أو لا تُحَمَّل على عملية النشوء، يشتمل على ميكانيكا الكم، وهي النظرية التي تصف السلوك الغريب للمادة على المستوى الذرى. ومعظم البيوكيميائيين وبيولوجيي الجزيئات يتجاهلون ميكانيكا الكم. حيث يتم التعامل مع الذرات والجزيئات وكأنها لبنات بناء صغيرة تتلاصق مع بعضها في أشكال متعددة، بينما حقيقة العالم الميكروى أنه أكثر مهارة من ذلك إلى حد بعيد. وكبداية فهناك موجة العنصر المزدوجة الشهيرة: فكل ذرة لها وجه في شكل موجات ووجه آخر في شكل جسيم، وذلك في آن معًا. ومن المفهوم أنه يمكن تعريف الموجة بمعلومات أو سوفت وير، لأنها تصف ما هو معلوم عن النظام، ومن الناحية الأخرى، فإن الذرة تعامل كجسيم يتطابق مع الهاردوير وذلك عند تدخل المقاييس الكمية، حيث تختفي الموجة، أي تتغير بشكل مفاجئ، لأن المعرفة بالنظام تغيّرت. ولكن يؤثر ذلك بالمقابل في النتيجة التبعية لسلوك النظام[٣٢]. وإذ ذاك يكون ثَمَّ شرك أو خديعة الخلط بين السوفت وير والهارد وير في ميكانيكا الكم. والمعلومات (أو المعرفة) لها من الآن، فنازلاً قوة سببية. وهكذا يمثل ذلك مجرّى رئيسيًا لنظرية فيزيائية تتواجد المعلوماتية في القلب منها، والتي تختلط مع المادة بطريقة جوهرية وصريحة. والأكثر من ذلك أن القوى داخل الذرة والتي تشكل الجزيئات البيولوجية مثل البروتين والأحماض النرية، لها سمات كمية بطبيعتها. هل إذن يمكن لنوع من عمليات التنظيم الكمى أن تكون الحاجة إليها فقط لتفسير أو شرح معلوماتية الجزيئات الماكروية؟

ويأتي دليل يدعم هذا الحدس ولكن من اتجاه غير معتاد. ذلك أن إروين شرودنجر **Erwin Schrödinger** اقترح في كتابه الشهير بأن الوحدة الموروثة هو بللورة «غير منتظمة الحدوث»، وهو يعنى بذلك أن بناء الجزىء مستقر بدرجة كافية للحفاظ على شكله، ولكنه معقد بدرجة كافية لتخزين الكثير من المعلومات.

البللورة العادية الدورية أو المتكررة فى فترات نظامية لهـا اسـتقرارية، ولكنهـا مكتفية بما لديها من معلوماتية منخفضة حسابيًا (انظر الفصل الخامس). وعلى هذا تثبت فكرة شرودنجر الناحية التنبؤية. ذلك أن الدنا له بناء مستقر (ولو أنـه لـيس تامًا، لأن الحفاظ على المعلومات يتطلب قراءة اختبارية وعمليات نـشر). وعـدم الانتظام فى الشكل ظهر بسبب أن القاعديات التبعية أغلبهـا عـشوائى، وبالتـالى المعلومات المتّصفة بالثراء، وتلك نقطة تحملتها بجهد.

ومنذ سنوات قليلة مضت رُوِّع الكيميائيون باكتشاف لنـوع مختلـف مـن البللورات غير منتظمة الشكل، اصطلحوا على تسميتها **quasi-crystal** (بمعنى شبه البللورة) وهذه البللورة تمتلك خمس ثنيات غريبة متماثلة، حتى إنهـا تبـدو علـى النحو نفسه عند دورانها لزاوية قدرها ٧٢°، ومع ذلك، وعلى خلاف مع البللورات العادية، فهى غير منتظمة الحدوث. وبالطبع هذا يمكنه إثبات أن نموذج الذرات لا يكرر نفسه أبدًا.

وشبه البللورة تلك مَثَّل مفاجأة بسبب مسألة هندسية بسيطة. فمن المعـروف جيدًا أنه يمكنك أن تكسو حائطًا بالقرميد الثلاثى أو المربع أو السداسى الأضـلاع ولكن ليس بالآجر خماسى الأضلاع. ذلك أن الآجر الخماسى لا يتسنى ترصـيعه بالفسيفساء، حيث ستكون هناك فجوات. وعليه فإن الشىء خماسى الثنيات لا يسمح بنموذج تكرارى. ومع ذلك أثبت روجر بنروز **Roger Penrose** فى نظرية شهيرة أنه يمكنك كسوة حائط لا نهائى بالفسيفساء ذى الثنيات الخمس، باسـتخدام نـوعين مختلفى الشكل من الكساء واحد بشكل المعين الرفيع القوام، وآخر من نفس الـشكل ولكن أغلظ فى القوام[٣٣]. ويعنى ذلك أن شبه البللورة يحدث فـى شـكل ثلاثـى الاتجاهات، بما يشابه كساء بنروز المقترح. وبنروز نفسه اقترح أن وجود الـشبه بللور يمثل متاهة فى حد ذاته فى ظل طبيعته غير منتظمة الشكل. والبللور منـتظم الشكل يمكنه أن ينمو ذرة بذرة لأنه يشكل بناءً عاديًا متكررًا، ولكن شـبه البللـور يتطلب نوعًا من النظام طويل المدى للتأكد من أن القطـع فيـه تتناسـب لأماكنهـا

الصحيحة، لقد اعتقد بنروز أن وجوهًا رقيقة من ميكانيكا الكم وحتى الجاذبية الكمية يمكن أن تلعبا دورًا فى هذه المنظومة الهندسية.

وبسبب أن شبه البللورة لها خمس ثنيات، فإن لديها القليل من المعلومات عن اتجاهاتها، ولكن لديها كمية غير محدودة من المعلومات فيما يتعلق بخطية تعاقبها غير منتظم الشكل. وهكذا فهى تتضمن شيئًا ما من فكره كارنز - سميث **Cairns- Smith** عن البللور غير النقى وشيئًا آخر من فكرة شرودنجر عن السلسلة غير المنتظمة للجزيئات. ومثل الدنا فإن شبه البللور يبدو من الوهلة الأولى أنه «موضوع مستحيل» له قدر هائل من التعقيد الحسابى، إلا أن ميكانيكا الكم تسمح لهما بالوجود. أنا هنا لأقترح أن شبه البللور له خريطة جينية ممكنة (ومع ذلك من يدرى؟) ولكن فقط أن مزيد من دراستهما يمكنها أن توضح لنا كيف لميكانيكا الكم إمكانية تنظيم بناءات فيزيائية معقدة من خلال قدرة عالية لتخزين المعلومات؟[٣٤].

وثمة نقطة أخرى وهى أن سحر الكم يمكن أن يُجرى مجراه فى تزاوج المعلومات البيولوجية، وهو ما نراه فى طراز دراسة الحوسبة الكمية[٣٥]. لقد رأينا فى هذه الدراسات أن الكمبيوتر الكمى يستطيع أن يستنبط أو يستخرج من المشاكل المعقدة مشاكل غير معقدة (مثل تحليل معاملات رقم كبير جدًا إلى حاصل ضرب لعددين أوليين)، ومرة أخرى هو اقتراح بأن «الموضوع المستحيل «كومبيوتريًا» مثل العشوائية الحسابية الجينية، ربما تصبح مُنتجة على نحو جاهز بواسطة العمليات الكمّية، حتى لو تطلبت تطورًا طويلاً ومتعرجًا بالوسائل التقليدية[٣٦].

ولقد سلمت بأن الأفكار التى استخلصتها فى هذا الفصل، كانت حدسيّة بدرجة عالية، ولكن الواقع الحقيقى يتمثل فى أن مشكلة النشوء والتكون تضع خطًا تحت هذا المشهد بما يعنى أنه سر عنيد من الصعب الوصول إليه. وبالرغم من ذلك، فإن افتراض أن الحياة هى ظاهرة كونية متأصلة ومحتومة ومقدرة، لأن تتدخل عندما تسمح الظروف. وكل ذلك ظل يُتهامس به. وقليل من مناصرى فرضية أن الحياة سوف تظهر **life will out**، يقدرون بشدة التطبيقات الكاسحة لما

يفترضونه. والتفكير الغائى أو القدرى، حتى فى أضعف أشكاله مثل لدى دى دوف وكوفمان، يمثل تحديًا أساسيًا للمثال أو النموذج العلمى القائم. وهو كاف بذاته لجعل معظم البيولوجيين يرتجفون. ولو أن البيولوجيين القدريّين ينكرون بشدة أن هناك تصميمًا فعليًا أو غاية مقدّرة سلفًا، تتضمنهما مقترحاتهم، فإن فكرة أن قوانين الطبيعة، ربما مالت تجاه الحياة، بينما لم تتناقض مع رسالة الداروينية، وبالتأكيد أزعجت روح المسألة. لقد مَرّرت عاملاً من الغائية teleology، إلى الطبيعة بعد أن كان دارون قد أنكره منذ قرن ونصف القرن. وبالنسبة لكثير من البيولوجيين، فإن الغائية أو القدرية تعادل فكرة المعجزة فى زى الطبيعة. وهذا بالطبع لا يجعل منها فكرة خاطئة، فهى لم تزل حقيقة! ربما تكون الحياة بالطبع مجبرة على الحدوث، أينما تتحقق شروطها. ولكن إذا كان الأمر كذلك، فإن النتائج التبعية ستكون عويصة أو عميقة أيضًا.

لقد أسس العلم نفسه من ثلاثمائة عام على «الإنقاص» أو التصغير reductionism و«المادية» materialism، بما يؤدى إلى مذهب أو عقيدة لا محيص عنهما من «لا معنى» الوجود الفيزيائى. إلا أن الكون المتعاطف bio-friendly قد يُمَثّل دوره أو انعطافة حاسمة. وهذا المعنى الخطير عبر عنه دى دوف[٣٧]. عندما كتب بفصاحة «من وجهة نظر الغائية... فإن رؤيتى تتحصل فى أن هذا الكون ليس (نكتة كونية)، ولكنه جوهر ذو معنى، وتم صنعه بطريقة تؤدى إلى تكاثر الحياة والعقل. ومتجها إلى مولد التفكير ليصبح قادرًا على الصعود للحقيقة وفهم الجمل والإحساس بالحب، تواقًا للجودة وموضحًا أو مُعرّقًا للشر، واختبار الغموض».

سلّم الارتقاء:

فى تاريخ العلم لم تكن هناك فكرة ضربت بعمق اعتبار الإنسان لنفسه مثل نظرية دارون عن التطور. والصدام الذى وقع بين دارون والكنيسة المسيحية

يعطينا مثالاً تقليديًا على كيف يكون مؤلمًا، عندما يغيّر التطور العلمي الأسس المفاهيمية التي نبني عليها نظرتنا إلى الطبيعة، خاصةً عندما يكون هذا التغيير جذريًا. واليوم فإن التطور يعد مفهومًا مقبولاً به عالميًا، حتى البابا قد منحه تبريكاته. وإن كان ثمة ظل في الصالات الأكاديمية الهادئة من المعركة القديمة لم يزل محلاً لتبادل اللَّكَمَات العلمية، وهي مسألة لم تحظ بانتباه كبير، كما انضم إليها قليل من الثيولوجيين، ولكن عبر مصطلحات ومفاهيم فلسفية المعنى، وتكتسب هذه المناوشات أهمية ما كان للصراع في القرن التاسع عشر بين داروين و «ويلبورفورس» **Wilberforce**.

والموضوع المتجادل حوله اليوم ليس عما إذا كانت الحياة قد تطورت أو نمت تدريجيًا عبر بلايين السنين – فالدليل على ذلك هو دليل ساحق – ولكن عما إذا كان هناك شيء قد مال إلى طريقة هذا التطور. وفي القرن ١٩ كانت النظرة السائدة هي مشاهدة أو النظر إلى الحياة على أنها مستمرة في التطور بشكل متصاعد، كما قيل إن الحياة البدائية قد تحسّنت وتغيّرت إلى أشكال أكثر تعاونًا وتميّزًا، وبلغت ذروتها في صورة الإنسان البيولوجي أو العاقل **Homo Sapiens**، مع ذكائنا المتبجّح بشكل متزايد وقوانا الواضحة في التسبيب؛ وبالنظر إلى التطور على هذا النحو، فسنجد أنه لم يكن ممرًا زجزاجيًا كسلّم للتقدم يؤدي بشكل مستقر من الميكروبات إلى الإنسان. ولتكن متأكدًا أن صعود هذا السلم كان أمرًا قاسيًا وموجعًا، بل ربما مُضيِّعًا، وهي الجزية التي اضطّر لدفعها الاختيار الطبيعي، ولكن في هذا المنحى التقدمي كانت ثمة بطولات صارمة ومواقف خاصة للبشرية.

وتبقى صورة سلم التطور كوسيلة للتقدم رمزًا فعالاً، ولم تزل قائمة في لا وعي العلماء وغيرهم من غير المنتمين للعلم من خلال تقديرهم للفروض الميتافيزيائية التي يتمخض عنها. وإذا كان التطور في حقيقيته تقدميًا، فلن تكون الطبيعة مجهّزة فقط لإنشاء الحياة، ولكن أيضًا لصالح التقدم.

وقد وجه المناوئون للبيولوجيا التقدمية ضربات عنيفة للفكرة على أرضـيات مختلفة. أولها أنها تتضمن قيمة إصدار حكم بأن البشر يفضلون على نحو ما القردة أو الضفادع. وصفات «علوية» الحيوانات الثديية و«تدنى» الفقاريات، والتى تعكس فكرة سلم التقدم وتخون هذا الانحياز ومنظور إليها على أنها فكرة غير صـحيحة سياسيًا. وقد تساءل النقاد: ماذا عن البشر، وما الذى جعلهـم أكثـر تقـدما عـن العضويات الحية الأخرى؟ وبالمصطلح العددى البحت، تفوز الميكروبات فى الحلبة الحية، وإذا ما كانت النجاحات التكيفية تعتبر معيارًا، فإن الحشرات العظمى – وفق التسمية التى تخيّرناها – ماهرة فى تكيفها مع الضغوط البيئية. وبالطبع، فإن البشر لديهم ذكاء عالٍ عندما تأتى المسألة لاختبـارات الـذكاء «IQ» ولكننـا سـباحون بائسون، كما لا نستطيع الطيران. فإذا ما قررنا أن الذكاء هو النقطة المحورية، فلا يمكن إنكار أننا على قمة السلم. ولكـن أليـست هـذه ببـساطة حالـة شـوفونية **Chauvinism**؟ لقد تخيّرنا نحن المعيار الذى يجعلنا فى القمة. لقد قررنا أين مكاننا المُفضّل ونصبنا تحتنا سلّمًا إليه. وليست من قبيل المفاجأة إذا ما نظرنا إلى أسـفل، ووجدنا الدرجات الدنيا من السلم يحتلها سلف أقل ذكاءً. وماذا بعد؟ ما الذى يعنيـه ذلك؟ هل الذكاء بالمعنى المطلق أفضل مثلاً من البصر أو السمع واللذين كليهما قد تناميا وتقدّما فى البشر بشكل متوازن؟

تلك الصعوبات جعلت من تعبير «تقدم» من بين الكلمـات المقبولـة لـدى البيولوجيين، ومع ذلك كله فربما بقيت الحالة أن بعض خواص العضويات – سخيّة أكثر فى سلوك أكثر ثقافة ومحايد – ربما تلعب اتجاهًا تصاعديًا عامًا مع الوقـت. لقد طالما كان الاقتراح أن التعقيد هو خاصية[٣٨]. ولا يمكـن إنكـار أن المحـيط البيولوجى ككل قد أصبح اليوم أكثر تعقيدًا مِمَّا كان عليه منذ ثلاثة بلايـين سـنة. ومن الواضح أيضًا أن أكثر العضويات تعقيدًا اليوم قد تعاظم تعقيـده عـن أكثـر العضويات تعقيدًا فى الماضى البعيد. ومن الصحيح أن المسيرة إلى الأمام لم تُوقف

أو تُقيّد بشكل كامل. حيث بين وقت لآخر تقع حوادث كارثية تلحق العدمية بكل ما هو حى، ربما بسبب تصادمات المذنبات والتى ينتج عنها اجتثاث مناخى للأغلبية من الكائنات عبر الكوكب كله. وتلك العصور لا شك أنها أنقصت التعقيد بشكل درامي. ولكن حتى الآن تعاود الأمور دائمًا ما كانت قد بدأته بنشاط متجدد. وهكذا فإن التأثير أو الدرس الذى نستخلصه من ذلك هو أن الحياة إذا ما تُركت للازدهار، فإنها تمتطى سلمًا متحركًا للنمو، وتملأ كل فجوة متاحة، وتستكشف الجديد والأحسن من الإمكانيات وتطوّر أكثر التشكلات إتقانًا.

وهذا التقدم المطرد فى التعقيد المنظم ليس فقط أخّاذًا ولافتًا للنظر، وإنما أيضًا يأخذ مظهر القانون فى الطبيعة. وهو يتناسب مع التفكير الكونى المتأخر، والذى يرى الكون كتعقيد كلي متزايد وينتشر منذ الانفجار الكبير. ومع ذلك فثمة تخمين حذر، لا يغطى مشاكلَ جدّية بتلك الصورة البسيطة:

أولاً: نجد أن مبادئ الداروينية تحكم الفكرة الغائية للحياة التى تصارع من أجل الأحسن. ذلك أن التطور الداروينى يعمل بتوظيف فلتر أو مرشح الاختيار الطبيعى فى التنوع الأعمى الذى يعمل على أساس دقيقة بدقيقة، مُغلقًا على ما هو جيد ورافضًا لما هو سيئ. وليست هناك آلية لهذا النموذج للبصيرة، ولا طريقة هناك يمكن وضعها فى قطار المسيرة تجاه الهدف المقدّر. ولو أن هناك تعقيدًا أكبر يصنع بقاء أجود فى ذلك الوقت، وفقط فى ذلك الوقت، لكان قد تم اختياره، وإذا لم يكن فسيتم رفضه.

ثانيًا : توجد أمثلة عديدة لعضويات نمت بشكل أقل تعقيدًا مع الوقت، مثل السمكة التى تقطن فى الكهوف المظلمة، والتى بالتالى فقدت خاصية استخدام العينين. وهذا ليس مفاجئًا حيث توجد ظروف، يكون فيها التعقيد الزائد مزعجًا. لأن العضويات ذات الوفرة أو التعقيد المسهب، قد لا تتمكن من البقاء فى ظل شروط متقشفة أو فقيرة الطابع، أو تبرهن على أنها تحمل مزيدًا من الحمولة

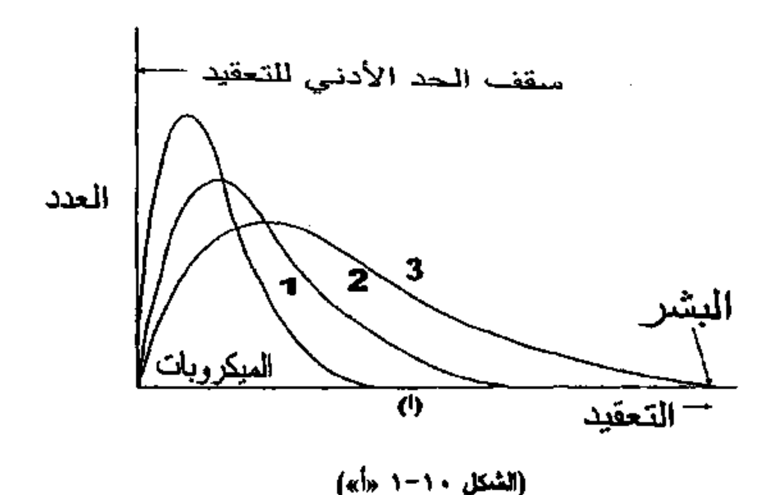
الزائدة حينما تستمر في الحياة في تلك الظروف. وهناك مثال تقليدى على النكوص أو التراجع البيولوجى وهو وحش سبيجيلمان **Spiegelman**، الذى أتيت على ذكره فى الفصل الخامس. حيث تقوم الرنا كوسيلة تغذية بترفيع أو إنقاص نفسها، لتصبح مجرد شريحة من حجمها الفيروسى وذلك من أجل أن تعيد النسخ بشكل أسرع.

وعندما تصل المسألة إلى سجلات الأحافير، فإن قائمة المعلومات تدعم فكرة الصراع الذى يغطّى عملية انتشار أو تزايد التعقيد البيولوجى مع الزمن. وبينما بعض الأنواع تنمو على نحو بسيط، فإن البعض الآخر يصبح أكثر تعقيدًا. ولكن باستثناء الكوارث الكونية، فإن المتوسط العام يتصاعد لأعلى. ومع ذلك، فعلينا أن نتوخى الحذر فيما يتعلق بهذا «المتوسط العام» ذلك أن الحياة بدأت بميكروبات بسيطة. وإذا كان لها أن تذهب إلى أى اتجاه، فلا محيص لها فى أن تتجه إلى مزيد من التعقيد، وطبقًا للداراوينية، فإن التطور له سلوك عشوائى وهو يمضى وسط مجال الإمكانيات البيولوجية، وهو أعمى يتلمس طريقه دون توجيه. ومن الواضح أنك إذا بدأت موضوعًا لحالة بسيطة، وحتى لو نزهة عشوائية فإنها ستميل إلى أخذك إلى اتجاه به مزيد من التعقيد، على الأقل فى البداية.

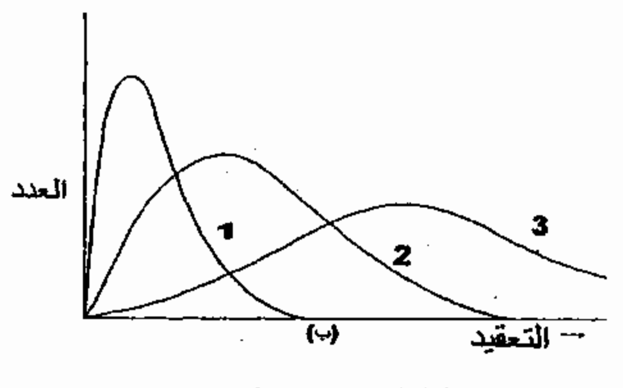
وقد شرح ستيفن جاى جولد **Stephen Jay Gould** هذه النقطة جيدًا، باستخدامه تشبيهًا يقف فيه مخمور ما، مستندًا إلى جدار من القرميد، وعندما يبدأ فى التعثر حوله، يجد نفسه فى النهاية وقد سقط فى قناة البالوعة[٣٩]. والمخمور لم يصل إلى البالوعة، لأنه كان يسعى إليها، ومن ثم تحرك نحوها بشكل منهجى. وإنما هو فى الواقع كان مرتبكًا وعلى نحو عشوائى. وبالنظر لأى وقت أو وقت محدد سيشبه ذلك المخمور، وكأنه متجه إلى السور فى الوقت الذى يكون فيه مبتعدًا عنه. وتنحصر النقطة هنا فى أن الحائط قد عاق حركته فى اتجاه واحد، فمن الواضح أنه فى حدود المتوسط العام أشبه بالذى يبحث عن مسلك آخر خارجه، وفى مجرى سيره ذاك، سيتجه لمواجهة البالوعة ببساطة عن طريق

المصادفة. وقد أشار جولد إلى أن هناك حدودًا لدرجة البساطة التى يمكن أن تكون عليها العضويات، ليظل مصطلحًا عليه بأنه «حيّ». وهذا ما يتطابق مع الحائط، ولو أن الحياة بدأت من عند الحائط مثل: عن طريق أبسط الخلايا، ثم تدخلت العشوائية، فإن المتوسط العام لا يتسنى أن يتجنب الانتشار من خلال توزيع يتزايد عبر ترنحات ذلك الإنسان الثمل (انظر الشكل ١٠ - ١ «أ»)، إلا أن جولد حذَّرنا من التفكير فى هذا الاضطراب البسيط كميل أو كاتجاه منتظم. وأكدَ أنه ليس أكثر من تعبير عن العشوائية بالنسبة للإمكانيات المتاحة.

وأنا أظن أن جولد على حق تمامًا. إذ لو أن انتشار التعقيد مع الزمن هو مجرد - نتيجة للعشوائية القادمة من البساطة، فلا يمكن اعتبارها أشبه بالقانون المُوَجِّه. ولكى تُقيِّمها كاتجاه حقيقى، فإن قائمة المعلومات لا بد أن تتشابه مع الشكل (١٠ - ١ «ب») وأيًا ما كان هناك اتجاه حقيقى للتطور، بالإضافة لحائط الرجل المخمور فيما يتعلق بالتطور فهو أمر متروك للبحث العلمى ليحدده، إذن أين هى الحقيقة؟ هل هى «أ» أو «ب»؟.



(الشكل ١٠-١ «أ»)



(الشكل ١٠-١ «ب»)

سلم التقدم؟ التعـقيد البيولوجى ينتشر مع الزمن، ولكن هل هناك اتجاه منتظم لـــه، أو هو فقط اضطراب عشوائى خارج على «حائط» البساطة؟ نموذج الانتشار الــذى يدعمه جولد، هذا الذى يظهر فى الشكل «أ» والأقواس ١، ٢، ٣، تُمثِّــل عــصورًا ناجحة، أما الحياة فتبقى مسيطرًا عليها بواسطة الميكروبات، ولكن ذيل التوزيع هو الذى تبدو حوافه ناحية اليمين. فلو أن هناك إتجاهًا نهائيًا للتعقيد، فــإن الأقــواس تصبح قريبة الشبه لما فى الشكل «ب».

للأسف، فإن المسألة ليست سهلة، إذ كلما كان التعقيد أكثر ويميــل إلــى أن يصبح ملحوظًا، فإننا نجعله حالة أو بمنزلة الميكروبات. ولكن بما أن جولــد أكــدَّ على أن معظم الحياة على الأرض هى ميكروبية، ومن ثم فإن الزعم بحياة متقدمة هو بالفعل ذيل للتوزيع، وعلينا أن نكون حذرين من القول بأن الذيل هو ما يوســم الكلب. ومن الناحية الأخرى، فإن الميكروبولوجيين يعتقدون بأنه حتى الميكروبات لها يد فى ذلك. وبلا شك، فإن معظم الميكروبات البدائية «اليوم تظل عالية التعقيد» عن الخليّة الحيّة الأولى. وعليه فلو أن معظم الحياة علــى كوكــب الأرض تظــل ملتصقة بمستوى الميكروبات، فحتى مع هذه الدرجة، فيبدو أن هناك اتجاهًا عامًــا صوب التعقيد. وعندما تأتى المسألة إلى الحياة الوافرة الخلوية، فإن أكثر الطــرق استقامة لاختبار امتحان سجلات الأحافير، هو للأسف أكثر غموضًا أو التباسًا. لأن

السجل نفسه مُتَشظٍّ، حيث هناك على سبيل المثال اتجاه نحو مزيد من التعقيد من حيث تصاعد حجم الدماغ الأوّلى مع الزمن. وفى وضع الأمر عكس ذلك فقد اتجه جولد إلى الدراسة التى أجراها دان ماكشو **Dan McShea** من «معهد سانتا فى لدراسة التعقيد» **Santo Fe Institute for Study of Conplexity**، والتى فشل فيها فى العثور على أى اتجاه عام نحو التعقيد فى «عامود» الفقاريات[٤٠]. وعلى الجملة، فإن الدليل على تقدم نظامى للتعقيد يظل غير مترابط: «لا يزال المُحكّمون فى الخارج»[٤١].

وبالطبع، فإن مشابهة حائط الرجل المخمور تتصل فقط على مدى توقع عشوائية التعقيد. وقد أكد[٤٢]. ريتشارد داوكنز **Richard Dawkins** أنه بالرغم من أن التحولات الفردية هى بصفة عامة عشوائية، فإن الاختيار الطبيعى ليس أكثر من ذلك. الاختيار يفلتر تلك العضويات الأقل أفضلية فى التكيف مع ظروفهم، بينما يكافئ هؤلاء الذين تكيّفوا بشكل أفضل، والذين لا يمكن تجنب قيادتهم لميل أو توجّه لتكيُّف أفضل. ولكن التكيف الأفضل، قد يتضمن أو لا يتضمن، زيادة انتشار للتعقيد. فتعريف «أفضل العضويات تكيّفًا، سوف يتفاوت على أى حال اعتمادًا على التغيّر الحادث فى الظروف البيئية. فليس هناك تقدير مسبق لمن هو «أكثر المتناسبين» و«الأمثل» أو الأفضل تكيّفًا، وليس هنا «هدف ثابت» يعمد إليه الاختيار الطبيعى «لإخصاء» أو منع خصوبة التطور. وأى توجه للتكيف يكاد يشبه تضمّنه لعملية تثبيت مؤقت، وبالتالى لا يشكل جزءًا من ميل عام.

ويرى معظم البيولوجيين أن أى نماء للتعقيد سوف يعتبر مُرضيًا إذا ما تم قياسه بتأثير مسيرة الرجل المخمور. ومع ذلك فثمة تشكيكات فى وجود «أجندة» عمل أيديولوجية مخفاة وراء السطور. ومن ناحيته لم يخف جولد أى أسرار حول حقيقة اعتقاده حول استخدام التعقيد كوكيل أو نائب للتقدم، حيث يراه مفهومًا ضارًا

على أرضية الأيديولوجية، ولهذا كتب يقول[٤٣]: «معظم الطلبة العـــارفين لتـــاريخ الحياة، دائمًا ما استشعروا فشل سجل الأحفورات فى مَدّنا بأكثر ما هو مرغوب فيه من عنصر أساسى أو تُقوِّم على أساسه الأشــياء ولتحقيــق «الرفاهيــة الغربيــة» 'Western comfort'"، وذلك فى إشارة واضحة للتقدم تقاس كشكل مـــا للانتــشار الثابت للتعقيد ككل عبر الزمن. إلا أن جولد لم يقايض على هذه النظرة المريحـــة، حيث علَّق ساخرًا على ما فى الحياة من روعة وفخامة بأنها لا هدف لها[٤٤].

نحن مجرد مصادفات سعيدة لعمليات غير متوقعة ولــيس لهـــا أى توجــه للتعقيد، وليست النتائج المتنبأ بها لمبادئ التطور، على أنها تواقة لإنتـــاج مخلـــوق قادر على فهم أسلوب، بناؤه هو الأساس والضرورى.

وطبقًا لجولد فإن الاعتقاد بتقدم التعقيد، ليس إلا نوعًا مـــن الحنـــين لبقايـــا «العاطفية» السابقة على الداروينية، وأفكارها المُوَصِّلَة بتصميم أجرته قوى فـــوق طبيعية. وبعد أن توارت يد الرب عن المسألة منذ قرن ونصف القرن، فقـــد كـــان البيولوجيون أكثر تفهمًا لمعارضة إعادة تلك النظرة فـــى زى أو مظهـــر قـــانون الطبيعة.

وأنا أوافق جولد مرة ثانيـــة علـــى نظرتـــه تلـــك. لأن اتجاهًـــا لانتــشار التعقيد، سوف يمدنا بدليل على غاية أو هدف لهـــذا الكـــون، وهـــى أيـــضًا لـــن تعوق القاعدة الرئيسية للمـــصادفة وســـوف يرتفـــع الـــسؤال حينئـــذ، بمـــا هـــى بالضبط السمات البيولوجية الناتجة عـــن المـــصادفة. ومـــا المتوقـــع أن يكـــون جزءًا من اتجاه؟ ومن الصعب تخيـــل أن التفاصـــيل الـــصغيرة كعـــدد الأرقـــام تحت العشرة أو وجـــود حواجـــب للعيـــون، يمكـــن أن تكـــون إعلانًـــا مباشـــرًا لقانون أساسى. ومـــن الناحيـــة الأخـــرى فـــإن البنـــاء الأساســـى والـــضرورى للعضويات الجزيئية، سيكون كذلك نتاجًـــا لمبـــادئ رياضـــية للتنظـــيم[٤٥]. وفـــى رأيى أن المسألة قد تتحول إلى ذلـــك، ولكننـــى ســـأدع دى دوف ليقـــول الكلمـــة

الأخيرة فى ذلك، حيث اقتـرح أنـه بمجـرد جَـزّ الـشجرة أو تجريـدها مـن غطائها المدقّق والمدروس بعناية[٤٦]، فـإن بنـاء الـساق بنمائـه البـارز تجـاه مزيد من التعقيد سيكون واضحًا تمامًا.

هل العقل محتوم بالقضاء والقدر؟:

«اخترع الكون طريقة ليعرف بها ذاته»

آلان دريسلر[٤٧] Alan Dressler

من بين كل البناءات المعقدة المُنتجة بمعرفة البيولوجيا الأرضية، فليس ثمة ما له معنى أو مغزى مثل العقل، الذى هو أكثر الأعضاء كلها تعقيدًا. فهل العقـل كان مجرد مصادفة عشوائية للتطور، أو هو نتاج ثانوى لا محيص عنه لشبه قانون عملية التعقيد؟

وهناك افتراض عام بأن الحياة لو ظهرت على كواكب أخـرى، فـستكون متوازية مع الحياة على الأرض فى نموهـا التطـورى. ومؤيـدو **SETI** (وهـو اختصار للبحث عن الذكاء خارج كوكـب الأرض **search for extraterrestrial intelligence**)، يناقشون أنه عبر بلايين السنين، فإن الحياة خارج الأرض ستتعقد، لدرجة تشكيل المزروعات والحيوانات، وفى النهاية ستكتـشف الإدراك والـذكاء، تمامًا كما حدث هنا على الأرض. وعلى الأقل بالنسبة لشريحة من الكواكب غيـر المأهولة، فإن الحياة الذكية – يستمرون فى القول – سوف تتقدم لدرجـة التقنيـة، وبعضًا من تقنية الاتصالات فيها ربما يحاول الآن الاتصال بنا من خلال الإشارات الإشعاعية. وهكذا يتضامن الباحثون فى **SETI** بصفة عامة مع مفهوم سلم التقـدم، بالموافقة على أن الحياة، بل أيضًا العقل بمعنى من المعانى كان محتوم ومقـدر أن يظهر فى الكون.

هذه الوجهة من النظر، رغم تفشيها وسيادتها، فهى تخفى مرة ثانية افتراضًا ضخمًا حول طبيعة الكون، فهى من حيث التأثير تعنى الموافقة على أن قوانين الطبيعة مجهّزة، ليس فقط من أجل خاطر التعقيد، وليس فقط من أجل الحياة، وإنما أيضًا من أجل العقل. ولوضع الأمر فى شكل درامى: فإنها تتضمن أن العقل مكتوب أو مقدر في قانون الطبيعة بطريقة أساسية. وبذلك يكون له مغزى كبير، بالتأكيد أن نتاج توجه تعقيد الطبيعة - الذكاء مثله مثل النوع البشرى - يعتبر قادرًا على فهم القوانين التى أنشأت «الفهم» فى المقام الأول.

إنها بالفعل فكرة موحية. ولكن هل تقبل التصديق؟ هل يتسنى لنا الاعتقاد بأن الكون ليس فقط متعاطفًا بيولوجيًا، وإنما يتعاطف مع العقل أيضًا؟ وفى عام ١٩٦٤ كتب البيولوجى جورج سمبسون **George Simpson** بحثًا تشككيًا بعنوان[٤٨]: «حول عدم سيادة الكائنات الشبيهة بالإنسان» **On the nonprevalence of humanaids**، أكد فيه عدم جدوى البحث عن حياة متقدمة خارج الأرض، واصطلح لتسمية ذلك «المخاطرة أو المغامرة» الأكثر عداءً للفروق والمميزات فى التاريخ، «مشيرًا إلى أن الإنسان كان يتجه لأحداث خاصة تاريخية لا حصر لها. وانتهت إلى أن الافتراض المتحرر الذى يراه الفلكيون والفيزيائيون وبعض البيوكيميائيين بأن الحياة متى بدأت فى أى مكان، فإنه لا مندوحة من ظهور أشباه الكائنات، هو افتراض محض زيف».

وفى مناقشة مؤخرًا مع كارل ساجان **Carl Sagan** المناصر لـ **SETI** مع البيولوجى إرنست ماير **Ernst Mayer**، والذى يعتبر صدى لسيمبسون وتشكيكاته[٤٩]: «فوق الأرض وعبر ملايين السنين فى خطها المستقيم هى العضويات، وربما خلال ٥٠ بليون حادث تخصيصى، كان واحد منها فقط، هو الذى أدى للذكاء، وهو ما يجعلنى أعتقده مَشوبا برائحة الاحتمالية».

وبالتشابه مع ذلك، أعلن ستيفن جاى جولد أن الحياة كان مقدر عليها أن تنتج العقل. وقال أيضًا إنه لو تخيلنا بعض الكوارث التى ألهبت أو أجدبت كل

الحياة المتقدمة على الأرض، مبقية فقط على الميكروبات فما الذى سيحدث؟ هل نتوقع نموذجًا عريضًا للتطور مع الأسماك والفقاريات والزواحف والثدييات والحيوانات ذات القدمين الذكية، كل هذه هل ستعاود الظهور؟ وانتهى إلى أن شيئًا من ذلك سيحدث، ولو على مستوى جزء منه. وتاريخ الحياة على الأرض عبارة عن «يا نصيب كبير» فيه مزيد من الخاسرين أكثر من الرابحين، وتضمين الكثير من أحداث القدر، والكثير من الانعطافات التى لا يمكن تجنبها، والتى تعنى فى مجملها أن نموذج المتغيّر فى جملته عشوائى بالضرورة. إن بلايين الخطوات التصادفية التى صنعت تناسلنا وذريتنا لم تقع مرة ثانية بالتأكيد، حتى على مستوى الخطوط العريضة. «يجرى التاريخ فى ممر آخر». بحيث إن معظم الإعادة سوف لن تنتج... مخلوقًا له وعى ذاتى «على نحو ما كتب[٥٠]: «فرصة عودة هذا الوضع، متضمنًا ما يشبه أو يقترب من الكائن الحى تعادل الصفر تمامًا».

من الصعب أن تخطئ فى رصد منطق جدلية سيمبسون وجولد. فإذا كان التطور ليس إلا «لوتريه» أو يا نصيب، أو مسيرة مخمور مترنح، فثمة سبب صغير لماذا ستتوجه الحياة إلى ما وراء مستوى الميكروبات، ولا توقعات عما إذا كانت ستتقدم بالضرورة تجاه الذكاء والوعى، والذى يظل أقل من تطور سلوك أشباه البشر؟ وحينئذ سنكون مُجبرين على الموافقة على حنين مونالد، لتعزيتنا والتسرية عنا[٥١]، بأن الإنسان فى النهاية يعرف أنه وحيد فى كثافة واتساع الكون غير المحسوسة، والذى ظهر هو فيه على سبيل المصادفة». وفقط لو أن هناك ما هو أكثر من المصادفة، وفقط لو أن الطبيعة لديها حقيقة خطًا موروبًا فى مبناها تجاه الحياة والعقل، هل سنتوقع أن نرى شيئًا مثل التطور المنتشر الحادث على الأرض، مكررًا على كواكب أخرى؟

إن البحث عن الحياة فى مكان آخر غير الأرض هو إذن أرضية اختبارية لوجهتى نظر عن العالم متعارضتين على نحو درامى. فمن ناحية هناك العلم الأرثوذكسى بفلسفته العدمية للكون اللا غائى، وقوانينه اللا شخصية المتغافلة

للنهايات، كون تصبح فيه الحياة والعقل، والعلم والفن، والأمل والخوف، ليست إلا زخارف صدفوية متقلبة على سجادة من كون فاسد متعذر إلغاؤه. ومن الناحية الأخرى ثمة وجهة نظر أخرى بديلة، لا يمكن إنكار عاطفيتها، ومع ذلك ربما تكون صادقة. إنها النظرة القائلة بالتنظيم الذاتى والتعقيد الذاتى فى الكون، والمحكومة بقوانين حقيقية، والتى تشجع المادة على التوجه إلى الحياة والوعى. كون يصبح فيه ظهور الإنسان المفكر أساسيًا ومعتبرًا كجزء مُقَوِّم للكُلِّيَّة كمذهب للأشياء. كون لسنا فيه وحدنا.

الهوامش

(١) إقـــلاق أو إربـــاك الكـــون "Disturbing the Universe" لــــــ: فريمـــان دايسون"Freeman Dayson" (Harper & Row, New York, p. 250) . وكان ستيـــوارت كوفمان قد نـــاقش هذا الخـــط بشمول واسع في كتابه: مع الكـــون كـــوطن " At Home in the Universe" (Oxford University Press, Oxford (1995)).

(٢) (The Philadelphia Inquirer, 9 April 1997).

(٣) هي فعلاً تخفي دمجًا بين الضرورة وكفاية الظروف، والذي يمثل تخبطًا منطقيًا أساسيًا. فالمياه ضرورية للحياة كما نعرف، ولكنها بعيدة عن أن تكون كافية وحدها. وحقيقة أننا نعثر على الحياة كثيرًا كلما وجدنا مياهًا سائلة على الأرض، ولكن هذا لا يـــضمن لنـــا وجود الحياة، إذا ما وجدنا مياهًا سائلة في مكان آخر، فهي لم تظهر في أي مكان جديد.

(٤) سحابة الحياة "Lifecloud" لــ: فريد هويل وشاندا ويكرلما سنجي .Dent, London) (1978)).

(٥) الكون الذكي "The Intelligent Universe" لــ: فريد هويل ,Michael Joseph) London (1983)).

(٦) الحياة نفسها: طبيعتهـــا وأصـــلها "Life Itself: Its Nature and Origin" لـــــ: فرانسيس كريك .(Simon & Schuster, New York (1981)).

(٧) المصادفة والضرورة "Chance and Necessity" لــ: جـــاك مونـــود " Jacques Monod».

(trans. A. Wainhouse, Collins, London 1971, p. 145).

(٨) الغبار الحيوى "Vital Dust" لــ: كريستيان دى دوف (Basic Books, New York 1995, p. 300).

(٩) عودة عينات من المريخ: أفكار مبدئية وتوصيات لــ: كينيث نيلسون (مرجع سابق ص ١٣).

(١٠) لمزيد من الاطلاع على تقويم نقدى دقيق لهذه الفلسفة انظر: الأصول: قيادة متـشككـة في طـريق نشـوء الحياة على الأرض " Origins: A Skeptic's Guide to the Creation of Life on Earth" لـــ: روبــرت شــابيرو "Robert Shapiro". (Summit Books, New York (1986)).

(١١) منذ الطبعة الأولى لهذا الكتاب، فقد لاحظت أن كثيرًا من البيولوجيين أصـبحوا أقـرب لوجهة نظر عن الحياة، على أنها منتشرة باتساع في الكون. وتغيير من هذا النوع أصبح سببه محيرًا لي، باعتبار أن الأفكار الأساسية في العلم ظلّت كما هي.

(١٢) انظر التذييل رقم ٨ (p.p. XV, XVIII).

(١٣) كما استقيت من: التطور من الجزيئات حتى البشر لــ: ب. س بندال (مرجع سابق، ص ١٢٨).

(١٤) تركيبات بيولوجية ذات صلة بالببتيدات في ظل مشارطات بدائية ممكنــة." Synthesis of biologically Pertinent Peptides Possible Premordial Conditions" لـــ: جارى ستينمان "Gary Steinman" وماريان كول "Marian Cole".

(Proceedings of the National Academy of Science 58, 735 (1976)).

(١٥) جذور قبل بيولوجيــة مــن تــشكلات تركيبــات البــروتين " Prebiotic roats of informaed protein synthesis" لــ: سيدنى فوكس في: جذور الكيمياء الحيويــة الحديثة "The Roots of Modern Biochemistry" الذى أشرف علــى تحريــره هورست كلينكوف Horst Kleinkauf وهانزفون دوريــن Hans Von Dohren ولوثر جينيك "Lothar Joenicke"

(de Gruyter, Berlin 1988, p. 897).

(١٦) كما استقيت من شابيرو: الأصول "Origins" (التذييل رقم ١٠ عاليه، ص ١٨٦، ١٨٧).

(١٧) الأصل، التطــور وتوزيـــع الحيــاة فــي الكــون " The Origin, evolution and distribution of life in the universe" لــــ: ســيريل بونامبيرومــا Cyril Ponnamperuma في: البدايات الكونية ونهايات البـشر " Cosmic Beginnings and Human Ends" الذى أشرف علــى تحريــره كليفــورد ماتــاوز " Clifford Matthews" وروى إبراهام فارجيز "Roy Abraham Varghese".

(Open Court, Chicago 1993, p. 91).

(١٨) وباستخدام استعارة أخرى، فإنه يمكن القول بأنه كما أن السيلكون **silicon** يعتبر عنصرًا شائعًا، فكذلك الكمبيوتر المحمول **Laptop** سوف ينتشر بشدة فى الكون.

(١٩) لقد ركزت مناقشتى على قوانين الفيزياء المعروفة، والتى شاع أنها بسيطة مــن وجهــة النظر الحسابية (باستثناء بسيط يتعلق بالجاذبية الكمية). وهذا افتراض قابل للتقويم. ويعلم الرياضيون أمثلة حيث بتكرار قواعد بسيطة يتم استيلاد معلومات من نوع كلمونوجروف – شيتان "Kolmongorov Chaitin"، هكذا من دون مقابل. ومن الممكــن وجــود قوانين أساسية فى الكون يمكنها استيلاد معلومات حسابية لها صلة بالبيولوجيا بنفس هذه الطريقة. وإذا كان الأمر كذلك، فإن هذا سينشئ حتمية بيولوجية، وهنا أنا ممــتن لـــــ: جيفرى شاليت **Jeffrey Shallit** بسبب جذب انتباهى لهذا الأمر.

(٢٠) وهذه النتيجة ترجع لــ: جــودل **Gödel** بــسبب نظريتــه الرياضــية: الــلا تماميــة "Incompleteness".

(٢١) وهو عبارة عن تقنية تجارية تستخدم فى قائمة تخزين الصور المعقدة. لأنه من الأرخص بالنسبة للمعلومات أن تُشظِّى أو تُشعِّب "tractalize" الصور العادية بدلاً من العبث بها "pixelate". انظر على سبيل المثال: جهاز التشعيب يضع نموذج الفيديو علــى الخــط "Fractals set the pattern for online video" لــ: بــارى فــوكس " Barry Fox". (New Sientist, 7 September 1996, p. 23).

(٢٢) انظر على سبيل المثال: الطبعة المبدئية للكون لـ: بول دافيز (مرجع سابق. الفصل الخامس).

(٢٣) الأصل الكيميائى للحياة **"The chemical origin of life"** لـ: كريستيان دى دوف في: الأصول الفلكية والبيوكيميائية والبحث عن الحياة فى الكون، والذى أشرف على تحريره: س. ب. كوزموفيكى: وآخرون (مرجع سابق، ص ٣٩٢).

(٢٤) أصول النظام لـ: ستيوارت كوفمان (مرجع سابق، ص ٢٨٥).

(٢٥) أريد أن أكون محددًا، وأكثر دقة، فيما يتعلق بما أعنيه بقانون فيزيائى، وهو موضوع يتصل بشدة بعملية التعريف. فهناك قوانين فيزيائية، مثل قانون أوم **"Ohm"** يشير إلى تجميع خواص متشابهات واسعة فى الذرات. وربما تظن بمثل هذه القوانين أنها ثانوية أو منبثقة كمعارضة فى مواجهة القوانين المبدئية أو الأساسية، مثل معادلات ماكسويل **"Maxwell"**، الخاصة بالجاذبية الكهربية. فإذا كان ثمة مبدأ حياة **"Life principle"** في الطبيعة، فلا أعتقد أنه سيعمل على مستوى الطريقة المفهومية لمعادلات ماكسويل. وإلا سيشير إلى الخواص الجمعية الانتظامية للأشياء. وهكذا سيكون قانونًا «منبثقًا»، وبالتأكيد قانون أساسى عند مستوى وصفه، ولكنه غير قابل للإنقاص أو الإيجاز أو ممكن وصفه بمصطلحات مستوى «القاع» كقانون للفيزياء الرئيسية.

(٢٦) انظر على سبيل المثال: على حدود التعقيد **"Frontiers of Complexity"** لـ: بيتر كوفنى **"Peter Coveney"** وروجر هايفيلد **"Roger Highfield"**. **(Ballantine, New York 1995, Chapter 4).**

(٢٧) الحياة الاصطناعية **"Artificial Life"** لـ: كريستوفر لانجتون **" Christopher Longton"**. **((Redwood City, Co. (1988))**. ولتقدير مبسط وميَسّر انظر كوفنى **Coveney** السابق الإشارة إليه فى التذييل السابق: الفصل الثامن.

(٢٨) في الفصل الأول سقت فكرة أن الجاذبية يمكن أن تلعب دورًا فى هذا. انظر أيضًا التذييل رقم ١٩ هنا.

(٢٩) انظـر: خطـوات فـى اتجـاه الـحياة "Steps Towards life" لـ: مانفريد ايجـن (tras. P. Woolley, "Manfred Eigen". Oxford' University Press, Oxford 1992, p. 12).

(٣٠) على سبيل المثال: فقد كتب كوبرز "Küppers". وعلى ذلك، فإنه إلى جوار المبدأ الداروينى لا بد أن هناك مبدأ آخر للتنظيم الذاتى للمادة يحكم انتقالها من «اللا حياة إلى الحياة». انظر: نظرية تطور الجزيئات Melocul or Theory of Evolution لـ: بيرند أولاف كوبرز "Berned-Olaf Küppers".

(Springer Verlage, Berlin 1985, p. 279).

(٣١) هذا السيناريو مشابه للذى وضعه إيجن "Eigen"، حيث تقوم الدوائر المتطرفة بتضخيم أو تكبير انتقائية النظام، ويمكنها بالتالى من تجاوز الداروينية (انظر: الفصل الخامس).

(٣٢) لمراجعة مشكلة المقاييس الكمية انظر على سبيل المثال: الشبح فى الذرة " The Chost in the Arom" لـ: ب.س. دافيز، ج. ر. براون (مرجع سابق).

(٣٣) أباطرة العـقل الجديد "The Emperors New Mind" لـ: روجر بنروز "Roger Penrose". (Oxford University Press, Oxford 1989, Chapter 10).

(٣٤) ومن الغريب أن الدنا لها عشر ثنيات، وبعد ذلك خمس ثنيات عندما ينظر إليها من آخرها.

(٣٥) انظر: متامية فينمان (مصدر سابق).

(٣٦) طالما أننى قلت بحدس أن الحياة ربما عزّزت قـوى عمليـات معلوماتهـا بـشجاعة، باستخدام التأثيرات الكمية. فثمة دليل جديد ومباشر لـدعم هـذا الاتجـاه قـام أبورقـا باتل بتركيبة. حيث أعدّ نموذجًا عن احتمالية قيام الـدنا بتشكيل جزيئـات مترابطـة باستخدام عمليات تذكرنا بالحوسبة الكمبيوترية، موضحًا أن مـا نحـصل عليـه مـن

أرقام من الشيفرة الجينية تحدث بدورها فى حساب جروفر "Grover" وهو قاعدة رياضية للحوسبة الكمبيوترية الكمية. انظر: الفيزياء الرياضية والحياة "Mathematical physics and Life" لـ: أبورفا باتل Apoorva Patel فى: الحوسبة وعلم المعلومات اتجاهات حديثة.

"Computing and Information Science: Recent Trends" (ed. J. C. Misra, Narosa Publishing House, New Delhi, 2002, p. 270).

(٣٧) انظر: التذييل رقم ٨ وص. **XVIII**.

(٣٨) فى مراجعة متأخرة عن الاتجاهات فى التطور، خصوصًا نزعة انتشار التعقيد فقد خلص سين كارول "Sean Carrol" من جامعة وسكونسين بماديسون إلى: افتراض أساس خلوى للحياة... فإن النزعة الأقوى للانتشار أو التزايد فى الحجم العضوى تعقيدًا وتنوعًا من متناهى الصغر فى البداية، من المؤكد انكشافها أو ظهورها فى أى نظام: «انظر: المصادفة والضرورة: تطور التعقيد المورفولوجى (التشكلى) والتنوع» **"Chance and necessity: the evolution of morphological complexity and diversity" (Nature 409, 22 Februry 2001, 1102).**

(٣٩) فخامة الحياة لـ: ستيفن جاى جولد (مرجع سابق).

(٤٠) انظر التذييل رقم ٣٩، ص ٢٠٢-٢١٢.

(٤١) الدفاع الأكثر بيانًا ووضوحًا بعكس دعوى جولد "Gould" هو أن سجل الأحافير يظهر لنا اتجاهًا لتزايد التعقيد، والذى قال به سيمون كونواى موريس "Simon Conway Morris" من جامعة كامبريدج. انظر: على سبيل المثال: كتابه: محنة أو الاختبار القاسى للنشوء **"The Crucible of Creatio" (Oxford University Press, Oxford 1998).**

(٤٢) تسلق الجبـل غيـر القابـل للتحقيـق "Climbing Mount Improbable" لـــ: ريتشارد دلوكنج "Richard Dawkins" (Viking London 1996).

(٤٣) انظر: التذييل رقم ٣٩ ص ١٩٧.

(٤٤) انظر: التذييل رقم ٣٩ ص ٢١٦.

(٤٥) كثير من العلماء ناقشوا فكرة أن بعض التـشكل البيولـوجي ووظائفـه قـد تحـددت وفقًا للمبادئ الرياضية للتعقيد أكثر مـن أن تكـون داروينيـة. انظـر علـى سـبيل المثال: كيف غيّر النمر النقاط أو البقـع المنتـشرة علـى جلـده " How Leopard Changed Its Spots" لـــــ: بريـــان جـــودوين "Brian Goodwin". (Weidenfeld & Nicolson, London 1994).

(٤٦) انظر: التذييل رقم ٨ ص ٢٩٩.

(٤٧) رحلة إلـى الـساحر الأعظـم "Voyage to the Great Attractor" لـــ: آلان دريسلر "Allan Dressler". (Knopy, New York, 1994, p. 335).

(٤٨) عدم سيادة أشباه الإنسان لـــ: جورج جاي لورد (مرجع سابق).

(٤٩) البحث عن الذكاء في فضاء ما بين النجوم: هل هو بحـث علمـي أو تفـاؤل أحمـق بأكملـــه؟. " The search for extraterrestrial intelligence: Scientific quest or hopeful folly ?". في جـدل قـام بـين أرنـست مـاير Ernest Mayr وكارل ساجان "Carl Sagan".

(The Planetory Reprot, 16, 4 (1996).

(٥٠) انظر: التذييل رقم ٣٩ ص ١٧٥ـ ٢١٤ـ ٢١٦.

(٥١) انظر: التذييل رقم ٧ ص ١٨٠.

معلومات سريعة عن أهم ما ورد فى الكتاب من موضوعات وأسماء أعلام .. مرتبة تبعًا للألفبائية العربية

(إعداد المترجم)

اولا: الاســــماء:

- **أبيقور (٤٣١- ٢٧٠ قبل الميلاد) Eqicurus**

- فيلسوف إغريقى قديم ومؤسس لمذهب الأبيقورية (مذهب اللــذة)، والتــى شكلت مدرسة قائمة بذاتها فى الفلسفة الهلينيستية امتدت لحــوالى ســتمائة عام، ومن المعروف عنه أنه كتب أكثر من ٣٠٠ عمل لم يبق منها سوى شذرات وأتباعه هم الذين نقلوا لنا معرفتنا به.

- يرى أن هدف الفلسفة يتحصل فى الحفاظ على الحيــاة الــسعيدة (اللــذة) الهادئة المتسمة بغياب الألم (عكس اللذة) والخــوف، وأن تعــيش مكتفيًــا بذاتك ومحاطًا بالأصدقاء، بما يعنى أن السعادة والألم هما مقياس ما هــو حسن وما هو سيئ، وأن للموت هو نهاية (الجسد والروح)، ومــن ثــم لا يجب أن نخاف من أن الآلهة سوف لا يكافئون البشر أو يعــاقبونهم، لأن الكون لا يتناهى وأبدى، كما أن الوقائع فى العالم تقوم كليّة علــى حركــة وتفاعلات الذرات المتحركة فى الفضاء الخالى.

- أنشأ مدرسة بقليل من الأتباع المخلصين – والتى توسعت بعد ذلك وتزايــدت أعدادها، لدرجة أنها شكلت مع المدرسة الرواقية والمدرسة الشكلية، الثــالوث الرئيسى طوال فترة العصر الهيللينستى، والتــى اســتمرت حتــى العــصر الرومانى المتأخر.

- بعد الموافقة الرسمية على المسيحية بواسطة الإمبراطور الروماني قسطنطين، أصبحت الأبيقورية متعارضة مع المعتقد المسيحي، بسبب اعتقادها بأن الآلهة مشكلة من أجسام فيزيائية من الذرات غير المهتمة بالبشر وشئونهم، وأنها لم تقم بخلق العالم وعدم اعتقادها بثنائية الجسد الفاني والروح المخلدة، وعليه توارت المدرسة الأبيقورية بعيدًا.

- ولكن أعيد طبع ونشر أعمال أبيقور وديوجين اللايرتى بأوروبا فى القرن ١٦ لتعود مهاجمة المسيحية لها، ثم أحياها مرة أخرى فى القرن ١٧ قس فرانسسكانى فرنسي. وفى العصر الحديث تبنى العلماء الفكر الذرى، واحتضن الفلاسفة الماديون الأبيقورية كمذهب للمتعة الأخلاقية التى تعنى أن اللذة والسعادة هما الخير الأوحد فى الحياة، مصرحين بأنهما تصنف كغاية طبيعية.

- إدمون هالى (١٦٥٦ -١٧٤٢) **Edmond Halley**

 - فلكى إنجليزى ورياضى وجيوفيزيائى وعالم بالأرصاد الجوية وفيزيائى.

 - فى حوالى العام ١٦٧٩ استطاع أن يثبت صحة ملاحظات الفلكى جوهانس هافيلوس **Johannes Havelius** (الذى لم يكن يستخدم تيليسكوبًا)، ونشر وقتئذ مصنفًا يحتوى على تفاصيل ٣٤١ نجمًا جنوبيًا، ثم فى العام ١٦٨٠ نشر الجزء الثانى من مصنفه ذاك، والذى احتوى رؤيته عن الرياح التجارية والرياح الموسمية، وأيضًا مقولة إن حرارة الشمس هى المسئولة عن حركات الجو، وتأسيس العلاقة بين الضغط الجوى البارومترى ومدى الارتفاع عن سطح البحر.

 - قام بدراسة اكتوارية مهمة عن مستويات الحياة والموت، ساهمت فى تطور علم التأمين.

- له تجارب عن ضغط المياه، قام بها بنفسه ومعه عدد من أقرانه، كما قاد أول مركب (شبه شراعى) يقوم بمهمة علمية فى المحيط الأطلنطى.

- فى عام ١٦٩٢ أبرز فكرته عن « الأرض المجوفة **"Hollow Earth"**، باعتبارها تشتمل على قشرة، سمكها ما يقرب من ٨٠٠ كم وبداخلها قشرتان أخريان، وفى العمق من ثلاثتها يستقر القلب، الذى يبلغ مداه إلى ما يقرب من كوكب الزهرة أو عطارد أو المريخ. واستنتج من ملاحظاته أن الجو داخل الأرض مضىء ويمكن أن يصبح مسكونًا.

- وفى نمذجة كمبيوترية حديثة جدًا لموديل الأرض جاءت النتائج داعمة لمقولات هالى، وبالذات فيما يتعلق بالطبقات القشرية الثلاث المتحدة المركز.

- **أرسطو (٣٨٤- ٣٢٢ قبل الميلاد) Aristole**

- فيلسوف يونانى قديم وتلميذ لأفلاطون، حيث يعتبران من أعظم النماذج العقلية التى أخرجتها اليونان، وإن كان يختلف عن أستاذه فى استشرافه كل ميادين المعرفة العقلية، ولذا أثرت كتاباته، طويلاً وجذريًا، على الأفكار الغربية والإسلامية.

- ينحدر عن أسرة حائزة على مناصب متعددة، نخص منها والده، الذى كان الفيزيائى الخاص لملك مقدونيا، وبعد وفاته ذهب أرسطو لتلقى العلم فى «الأكاديمية» التى أنشأها أفلاطون، وفى الخمسين من عمره افتتح «الليسيوم» كمعهد ينافس «الأكاديمية»، وكانت أهم مساهمات هذا المعهد تتركز فى البيولوجيا والتاريخ.

- كانت عقليته واسعة بحيث غطت معظم العلوم وقتئذ، والتى اعتبر معها طليعيًا، وإن أصبحت دراساته خارج «الموضة» وتحظى فقط بأهمية تاريخية.

- شمل ما نعرفه عن مؤلفاته (شبه المفقودة) احتواءها على مقالات وأبحاث في الجوهر والوجود وتعدد معاني المصطلحات الفلسفية، والفعل، والقوة، وفلسفة الرياضيات .. إلخ .. ومن أبرز ابتداعاته: المنطق الشكلي المعروف بالقياس الأرسطي، والذى كانت النظرة إليه كذروة للمنطق على مدى عدة قرون ولكن تم دحضه بعدها.

- **إدسون باستن (١٨٧٨ - ١٩٥٣) Edson bastin**

- ولد في شيكاجو وحصل على الدكتوراه من جامعتها، وهو أستاذ لعلوم الجيولوجيا وعلوم الأحاثة **Paleontology**، التي تعنى بأشكال الحياة في العصور الجيولوجية السالفة كما تمثلها المتحجرات الحيوانية والنباتية، وكان عضوًا بالجمعية الأمريكية لمسح الأراضي في الفترة من ١٩٠٤-١٩١٩، والتي مسحت معظم المناطق التعدينية، وتصاعدت شهرته في عشرينيات القرن الماضي، عند قيامه ببحث المياه الجوفية في حقول البترول، والتي أوضحت للمرة الأولى بأن كائنات عضوية ماكروية تعيش هناك في الأعماق تحت سطح الأرض.

- له مجموعة من الأوراق الخاصة محفوظة بمركز الأبحاث بمكتبة جامعة شيكاجو، وتحمل هذه المجموعة اسمه: (باستن، إدسون سندرلاند) وتتكون من ١١ خريطة مسح جيولوجي للولايات المتحدة بصفة خاصة ووسكنسن، والكثير منها يحتفظ برسوماته وتعليقاته عليها.

- يعرف أيضًا بمساهماته في الفضة والزنك ومخزوناتهما في وادى المسيسبي.

- **أبورفا د. باتل Apoorva D. Patel:**

- أستاذ في مركز فيزياء الطاقة العليا والسوبر كمبيوتر في بانجلور "**Banglore**" وعضو في مركز عبد السلام (الحائز على نوبل مع آخرين) الدولي للفيزياء النظرية بتريستيا (إيطاليا).

- دراساته في مجال الحساب الكمي وشفرة الجينات وأيضًا اكتشافه تفسيرًا للبناء النووي للجينات، وبصفة خاصة لماذا تستخدم العضويات الحية قاعدة من أربع نيوكليدات في الدنا و ٢٠ حمضًا أمينيًا في البروتينات.

- كما امتدت أبحاثه إلى الديناميكا الحرارية للثقوب السوداء في الفضاء، وأيضا ما يعرف بـ «الحوسبة الكمية».

- سير أرثر ستينلي إدنجتون (١٨٨٢-١٩٤٤) Sir Arthur Stenely Eddington:

- فلكي وفيزيائي ورياضي إنجليزي، قام بأعمال كبرى في مجال الفيزياء الفلكية، كما يعد أول شارح للنظرية النسبية باللغة الإنجليزية عام ١٩٢٠ في تقريره «المكان، الزمان، الجاذبية» ورسالته الكبيرة: «النظرية الرياضية للنسبية» التي اعتبرها أينشتاين أنقى عرض للموضوع في أي لغة كانت .

- فجّر في أبحاثه موضوع تمدد الكون، والذي قدمه في كتابه «الكون المتجدد» كما اقترح عام ١٩٣٣ ما يفيد إمكانية التوحيد بين نظريتي الكم والنسبية العامة للتوصل لحساب قيمة الكون المستقر، وبصفة خاصة بناؤه وقياس كتلة البروتون بالنسبة للإليكترون، ثم عدد الذرات في الكون وهي المحاولة التي لم تتم حينئذ.

- من أكبر مساهماته (وتركزت في الفلك)، بناء النظام النجمي وضبط الإشعاعات والمصادر دون الذرية للطاقة النجمية، ومقاييس النظام النجمي وديناميكا النجوم النابضة، والعلاقة بين كتلة النظام وسرعة الضوء، والنجوم القزمية البيضاء التي تنثر المادة في فضاء ما بين النجوم، وما يقال له خطوط الطيف.

- أعلن عن مناهضته للحرب العالمية الأولى، كما أوضح أن العالم لا يمكن اكتشافه بالعلم فقط، وإنما يدرك من خلال الحقيقة الروحية، وكان في ذلك متأثرًا بالأفكار الكويكرية الدينية، التي وجدت لها مكانًا في كتبه ذات الطابع الفلسفي.

- **إرفين شرودنجر (١٨٨٧-١٩٦١) Ervin Schrödinger:**

- فيزيائي يحمل الجنسيتين النمساوية والأيرلندية، حيث ولد في النمسا وتبادل الإقامة في الموقعين، وحقق شهرته عبر مساهماته في ميكانيكا الكم (معادلة شرودنجر)، والتي من أجلها حصل على جائزة نوبل عام ١٩٣٣، وفي عام ١٩٣٥ بعد مراسلاته الشاملة مع صديقه ألبرت أينشتاين، قدم اقتراحه بما يعرف بتجربة التفكير، من خلال نموذج القطة لشرودنجر.

- في معادلته المشار إليها قدم تحولاً في الموجات الكمية للنظم المستقلة عن الزمن، وكيف تعطي الطاقة الصحيحة المسماة «قيم إيجن» للذرات الشبيهة بالهيدروجين، وهي المعادلة التي اعتبرت في الأوساط العلمية كأهم إنجاز في القرن العشرين، وفي بحث آخر بعده بأربعة أسابيع قدم حلاً للتذبذب المتناغم، والدوران الصارم والجزيئات ثنائية الذرات، بما يعني توجهًا جديدًا لمعادلته. ثم في بحث ثالث أبرز تكافؤ الاقتراب الخاص بهايزنبرج، معطيًا معالجة لما يعرف بالتأثير التام، وفي بحث رابع أوضح كيفيه معالجة المعضلات في نظم متغيرة مع الوقت مثل المعضلات المتناثرة. وكل هذه السلسلة من الأبحاث تعتبر إنجازه المركزي في حياته بأسرها، وأصبحت ذات أهمية بالغة في المجتمع العلمي.

- من بين مؤلفاته «ما هي الحياة» وهو الكتاب الذي كان له تأثير على جيمس د. واتسون، وألهمه البحث في المسألة الجينية والتي أوصلته لكشف تركيب الدنا.

- ومن المناطق المجهولة فى حياته العلمية مساهمته فـــى بحـــوث التلـــوين والصباغة.

- ومما يذكر أن حياته الشخصية «الفضائحية» وإصراره على الحفاظ علـــى زوجه وعشيقه، في إقامة واحدة، سببت له كثيرًا مـــن المتاعـــب بالنـــسبة لتوليه بعض المناصب الجامعية، لعدم تقبل المجتمع الغربى هذا الوضـــع، كما كان مؤمنًا بديانة الفيدانا الهندية.

- **إراثموس داروين (١٧٣١ – ١٨٠٢) Erasmus Darwin:**

- فيزيائي إنجليزى وفيلـــسوف طبيعـــى وفـــسيولوجى ومختـــرع وشـــاعر وعضو مؤســـس للجمعيـــة القمريـــة "**Lunar Society**"، وهـــي دائـــرة نقاشية ضمت عددًا مـــن الـــرواد فـــى المجـــال الـــصناعى والفلاســـفة الطبيعيين، والتى يعزى إليها قيام الثورة الصناعية فى إنجلترا.

- وباعتباره وتدًا معتبرًا فى عائلة داروين الحافلة بالعلماء، فهو أيضًا الجـــد المباشر لتشارلز داروين صاحب «النشوء والارتقاء».

- وإن كان قد درس الطب في مدرسة طب أدنبرة فغير معـــروف حـــصوله على درجة علمية فيها، وإنما ظل فيزيائيًا ناجحًا طوال خمسين عامًا.

- من أبرز كتاباته :

  - قضى ٧ سنوات فى ترجمة أعمال عالم النبات الـــسويدى كـــارلوس لينيوس من اللاتينية إلى الإنجليزية، والتى أسفرت عـــن مطبـــوعتين :«نظام الخضراوات» و«عائلات النباتـــات» واللتـــين نحـــت فيهمـــا مسميات العديد من النباتات والمستخدمة حتى اليوم.
  - كتب بعدها قصيدة هائلة عن «حب النبات»، والتـــى حـــوت صـــدى لأعمال لينيوس.

- ثم كتب «اقتصادات التغذية».

- من أهم أعماله العلمية : مملكة الحيوان **Zoonomia** (بين عـامى ٩٤ و ١٧٩٦)، والذى حوى، على حد تعبير حفيده تشارلز داروين أفكارًا استبقت أفكار لامارك المعروف عنه التلويح بنظرية التطور، وقد بنى إراثموث أفكاره على نظرية التراملية «**associationisim**» والتى انتهى فيها إلى نتيجة، مؤداها أن خيطًا وحيدًا لا بد أنه كان السبب فى كل الحياة العضوية المعروفة.

- كما أن قصيدته الأخيرة، والتى تعد أبدع قصائده باعتراف كوليريدج وودورذ ورث والمسماة «معبد الطبيعة»، والتى كانت فى الأصل بعنوان «أصل الاجتماع»، وفيها ركز على اهتماماته فى نظرية التطور وتعقب متوالية تطور الكائن العضوى من كائنات مايكروية إلى حتى المجتمع المدنى وهو ما قدمه فيما بعد الحفيد تشارلز داروين، فيما عدا فكرة «الاختيار الطبيعى»، أما القصيدة الأكثر شُهرة فهى المسماة «الحديقة النباتية».

- كما كانت تربطه علاقة صداقة طويلة مع بنيامين فرانكلين الذى شاركه فى دعم الثورة الأمريكية والفرنسية.

- **أفلاطون (٤٢٧ أو ٤٢٨-٣٤٧ أو ٣٤٨ قبل الميلاد) Plato:**

- فيلسوف إغريقى كلاسيكى، ومشاركة مع أستاذه سقراط وتلميذه أرسطو قد أرسوا معًا أسس الفلسفة الغربية، وكان أيضا رياضيًا وكاتبًا للحوارات الفلسفية ومؤسسًا لأكاديمية أثينا كأول مؤسسة للتعليم العالى فى العالم الغربى – وقد تأثر كثيرًا بأفكار أستاذه سقراط حتى إنه يمكن الاستدلال على ألمعيته ككاتب ومفكر من قراءة محاورات سقراط، واعتبرت هذه المحاورات وغيرها من الكتابات التى نسبت إليه على درجة عالية من

العلو والتفوق، وإن كان يبقى سؤال لم يتأكد أحد من صحة إجابته، وهو أنه حاضر فى الأكاديمية بما يعنى أنه مؤسس الوظيفة البيداجوجية لهذه المحاورات، والسؤال هو أين يقع سقراط فيها وأين هو؟. ومع ذلك فقد أفادت المحاورات فى تعليم موضوعات كثيرة منها الفلسفة والمنطق والرياضيات وعلم البيان وفن النثر.

- وطبقًا لما قاله ديوجين اللايرتى، فقد كان اسمه بالميلاد «ارستوكليس» تيمنًا باسم جده، إلا أن معلمه لفن المصارعة خلع عليه اسم أفلاطون **Plato**، والذى يعنى بالإغريقية «الواسع»، نظرًا للزيادة الواضحة فى فصاحته وبلاغته ولعرض جبنية، وقد رجع له الاسم الأصلى فى المرحلة الهيللينستية من تاريخ الفلسفة، حينما انتقلت الفلسفة الأفلاطونية إلى الإسكندرية.

- كان تأثيره عظيمًا بصفة خاصة على الرياضيات والعلم، حيث ساعد على التمييز بين الرياضة البحتة والرياضة التطبيقية من خلال توسيع الشقة بين الحساب الذى يسمى الآن «نظرية الأعداد» وما له علاقة بالمنطق الرمزى والذى يسمى حاليًا «علم الحساب»، حيث كان يرى أن المنطق الرمزى ضرورى لرجال الأعمال ورجال الحرب، وإلا لن يعرفوا كيف يَصفُّون قواتهم، بينما المنطق الرمزى أو علم الحساب فهو يناسب الفلاسفة «لأن عليهم أن يطفوا أو يعلوا عن بحر المتغيّرات ويستمسكوا بحقيقة الموجودات».

- ورغم إعجاب أينشتاين به نسبيًا، فقد حاول بعض الفلاسفة الإقلال من شأنه وبالذات هؤلاء الذين فارقوا نماذج الفلسفة الأونطولوجية، ومثاليات الأخلاق مثل فريدريك نيتشه ومارتن هيدجر وكارل بوبر، الذى اعتقد أن نموذج الجمهورية عنده يعتبر نموذجًا بدائيًا لسلطة الاستبداد، والوحيد الذى ناصر أفكاره فى مواجهة هؤلاء هو ليو ستراوس **Leo Strouss**

واعتبر أن محاورات أفلاطون تتضمن حلاً لما سماه المفكرون: «أزمة الغرب».

- **ألكسندر إيڤانوفتش أوبارين Alexander Ivanovich Oparin**

- بيوكيميائى سوفييى، وواضع لنظرية «أصل الحياة» وهى من أعماله المهمة، والتى قامت على أساس بيوكيميائى للمواد الخضرية وتفاعلات الأنزيم داخل خلايا النباتات، كما طور تأسيس الصناعة البيوكيميائية فى الاتحاد السوفييتى.

- أحيانًا يتم تلقيبه بداروين القرن العشرين، وأصبح بطلاً للاشتراكية عام ١٩٦٩، وتلقى جائزة لينين عام ١٩٧٤، وميدالية لومونوسووف الذهبية عام ١٩٧٩ لأعماله المبهرة والفائقة فى المجال البيوكيميائى.

- فى بواكير عام ١٩٢٢ أكد المعتقدات التالية:

- عدم وجود فارق أساسى بين نظام حيوى والمادة غير الحية، والخواص والتراكيب المعقدة، التى تميز الحياة لابد أنها ظهرت خلال عمليات تطور المادة.
- وبالنظر لما اكتشف مؤخرًا من وجود الميثان فى أجواء كوكب المشترى والكواكب العملاقة الأخرى، فقد ادعى أن كوكب الأرض، وهو فى حالة الطفولة، قد اعتراه بشدة جو هادئ أو منقوص، محتويًا على الميثان والأمونيا والهيدروجين والمياه، ومن الضرورى فى رأيه أن تكون تلك هى المواد الأولية للحياة.
- وفى البداية كان ثمة بعض محاليل الجواهر العضوية، والتى كانت خاضعة فى سلوكها لخواص مكوناتها الذرية وترتيبات هذه الذرات فى بناء الجزىء. وبالتدريج وكنتيجة للنمو وانتشار التعقيد فى

الجزيئات، ظهرت خواص جديدة وكيماويـــات متــصادمة اســتهدفت العلاقات البسيطة بين العضويات الكيماوية، وهذه الخواص تحــددت بناءً على الترتيبات الثانوية والمحايدة للعلاقات بين الجزيئات.

- برزت في هذه العملية خاصية المحافظة علـــى النظـــام، حيـــث أدى التنافس وسرعة النماء والصراع من أجل البقاء، وفي النهاية الاختيار الطبيعي إلى تحديد شكل لمادة حياة، والتي تسم الأشياء الحيّـــة كمـــا نعرفها اليوم.

- رسم خطوطًا لكيفية احتمال تشكيل عضو حيـــوي كيميـــائي عبـــر نظـــم ميكروسكوبية في أخيزَة ضيّقة (لم يُجرّب ذلك معمليًا بنفسه)، وهو ما أهَّل العلماء لفعله عام ١٩٥٣.

- **أندريه كولموجروف (١٩٠٣-١٩٨٧) Andrei Kolmogrov**

- رياضي روسي أثَّرت أعماله على فروع متعددة من الرياضة الحديثة، كما قام بشكل خاص بمساهمات أساسية في نظرية الاحتمالات التـــي تعتبـــر مجال تخصصه الرئيسي.

- نشر عمله الأهم عام ١٩٢٩ بعنوان: «النظرية العامة للقيـــاس ونظريـــة الاحتمالات» وبعد التوسع فيها نشرت عام ١٩٥٠ تحت عنوان: «نظريـــة الاحتمالات»، والتي أنشأ فيها نظامين من المعادلات المختلفـــين جزئيًـــا، ويحملان اسمه واللذين يصفان نقل الاحتمالية لعمليـــات مـــاركوف، كمـــا يمدّانا بوسائل للتعامل مع المعضلات في مجال الحركة وعمليات الانتشار، أما ما كان له صفة التأثير المباشر على مرحلة جديدة من العلم هو تطبيقه نظرية الاحتمالات في مجـــال الفيزيـــاء والكيميـــاء والهندســـة المدنيـــة والبيولوجيا.

- إليا بريجوجين (١٩١٧-٢٠٠٣) **Ilya Prigogine** :

- فيزيائى بلجيكى حاصل على جائزة نوبل فى الكيمياء ومعروف بعمله الدؤوب على البناءات المبددة **dissipative**، والنظم المعقدة، وتلك التى لا يمكن إلغاؤها أو جعلها معكوسة.

- وترجع نظريته فى هذا المجال إلى تعريفه القاطع الأشكال أو البناءات المبددة ودورها فى نظم الديناميكا الحرارية، بعيدًا عن حالة التوازن، وهو الاكتشاف الذى حاز بسببه على جائزة نوبل عام ١٩٧٧، وهى النظرية التى أدت إلى بحثه الرائد فى التنظيم الذاتى، وأيضًا الأسئلة الفلسفية فى تشكلات التعقيد عبر الجواهر البيولوجية ومطلب أو التنقيب عن قاعدة خلاقة وغير قابلة لمعكوسية الزمن فى العلوم الطبيعية.

- وقد نظر الكثيرون إلى أعماله كمعبر بين العلوم الطبيعية والعلوم الاجتماعية، حيث طور مع البروفيسور روبرت هيرمان **Robert Herman** بجامعة تكساس قاعدة نموذج لسائلين، ونموذج شبكة مرورية فى المدينة، باستخدامه نظرية التكثيف التى تحمل اسم بوز- أينشتاين **Bose - Einstein** فى هندسة المرور.

- وفى سنواته – المتأخرة تركزت أعماله فى قاعدة تحديد النظم غير الخطية على المستوى التقليدى ومستوى الكم. واقترح استخدامًا صارمًا لفضاء هيلبرت **Hilbert space** فى ميكانيكا الكم كطريقة وحيدة ممكنة لتحقيق غير المعكوسية فى النظم الكمية.

- من بين كتبه «النظام من بين الفوضى أو العشوائية»، مشاركة مع إيزابيلا ستينجرز عام ١٩٨٤، ويحمل الكتاب عنوانًا فرعيًا يقول: ديالوج جديد بين الإنسان والطبيعة، كما شاركها أيضًا فى كتابين آخرين «نهاية اليقين» و «الحلف الجديد»، وفى عام ١٩٧٧ ألف كتابًا بعنوان «التنظيم الذاتى فى

النظم غير المتوازنة»، وفى ١٩٦١ كان قد كتب «الديناميكا الحرارية فى العمليات غير المعكوسة» وفى عام ١٩٩٣ ألــف كتابًــا تحــت عنــوان: «الديناميكا المشوشة والانتقال عبر السوائل والبلازما».

- **إيورز سذاثمارى (١٩٥٩-٠٠٠٠) Eörs Szathmáry:**

- بيوكيميائى مجرى، ويشغل رئاسة قسم تـصنيف النبــات وعلــم البيئــة (العلاقات بين الكائنات الحية والبيئة التى تعيش فيها) بجامعــة أوتوفــوس لوراند **Eötvos Loránd** ببودابست.

- وهو المؤلف المشارك مع جون ماينارد سميث لكتاب «النقلات التطوريــة الكبرى» **"The Major Transitions in Evolution"**.

- **إيوجين ڤيجنر (١٩٠٢-١٩٩٥) Eugene Wigner:**

- فيزيائى ورياضى مجرى المولد أمريكى الجنسية، حاز على جائزة نوبــل عام ١٩٦٣، مشاركة مع آخرين «لمساهمته فى نظريــة النــوى الذريــة والجسيمات الأولية، خاصة عبــر اكتــشافه تطبيقــات مبــادئ التماثــل الأساسية»، وكذا تشكيله قانون حفظ التكافؤ، هذا ويلقبه بعض معاصــريه بــ «العبقرى الصامت» والبعض اعتبره يضاهى ألبــرت أينــشتاين، وإن كان بغير الشهرة التى حازها الأخير.

- فى عشرينيات القرن الماضى، بدأ يتعمق فى ميكانيكا الكم، ووضع أســس نظرية التماثل **symmetries** فى ميكانيكا الكم، وفى عام ١٩٢٧ قــدم مــا أصبح يعرف بــ **Wigner D-Matrix**، ومن المأمون القول بأنه وهيرمان ڤيل **Hermann Weyl** يعتبران المسئولين الروحيين عن تقــديم نظريــة المجموعات فى ميكانيكا الكم.

- كان معاصرًا لمجموعة من القطاحل مثل ماكس بلانك، وماكس فون لوى، ورودلف لاندبرج، وولفجانج باولى وفيرنر هايزنبرج، ويأتى على رأسهم جميعًا أينشتاين نفسه، ولا شك أنهم أضافوا إلى بصيرته وضاعفوا استنارته.

- من بين ما هو مشهور عنه أن ثمة متناقضة تعرف باسم «متناقضة الصديق لفيجنر» **"Wigner's friend paradox"** والتى عادة ما ينظر إليها كامتداد لتجربة قطة شرودنجر في مجال تجريب الفكر، والتى ألقى فيها فيجنر السؤال: في أى مرحلة يمكن أن نقوم بالقياسات؟، وقد صمم التجربة ليثبت كيف آمن بأن الوعى ضرورى لعمليات القياس القائمة على ميكانيكا الكم.

- طور مبادئ تطبيق ميكانيكا الكم وأبرز مفهوم التماثل فى الفضاء والزمن، التى تميز سلوك العناصر الأقل من ذرية، كما عمل على نظرية امتصاص النيترون التى أثبتت جدواها فى بناء المفاعلات الذرية.

- من بين مؤلفاته «علاقات التشتت وعلاقتها بالسببية» ١٩٦٤ و«التماثلات والانعكاسات» ١٩٦٧.

- حصل على لقب مواطن أمريكا عام ١٩٣٧، وتقلد عدة مناصب جامعية تعليمية وبحثية، آخرها وحتى تقاعده، كأستاذ للفيزياء الرياضية بجامعة برينستون منذ عام ١٩٣٨ حتى ١٩٧١. وبعدها تحول إلى الفلسفة، ومال لأحد المعتقدات الهندية.

- بَز ألدرين **Buzz Aldrin**:

- طيّار أمريكى مقاتل برتبة مقدم، ومتقاعد حاليًا، كان من بين مجموعات هيئة ناسا المختارة لمهام فضائية، حيث شارك فى أبوللو ١١ وجيمينى ١٢، وقضى خلالهما فى الفضاء ١٢ يومًا وساعة، و ٥٢ دقيقة.

- تدرج فى مناصبه القتالية فى عدة مجالات أبرزها المدفعية الجوية، كما شارك كطيار مقاتل فى الحرب الكورية، ثم حصل على دكتوراه العلوم من معهد ماساشوستس Massachusetts للتقنية عن رسالة بعنوان «تقنية توجيه خط الرؤية فى الرحلات البشرية المدارية» «Lin-of-sight quidance techniques for manned orbital rendezvous».

- ومما يشار إليه أنه من أتباع الكنيسة المشيخية البروتستانتينية، ويعرف بتعليقاته الدينية التى أطلقها من فوق سطح القمر.

- بعد استقالته من طيران الفضاء عاد لموقعه بالقوات الجوية، إلا أنه اصطدم بعدة مشاكل شخصية، وتُظهر سيرة حياته معاناته من الاكتئاب والإدمان الكحولى، إلى أن تزوج فانصلحت أموره وأصبح شغوفًا بالكشوف الفضائية، حتى إنه ابتكر لعبة فضائية كمبيوترية حملت اسمه، كما لعب دورًا تمثيليًا فى الفيلم التليفزيونى «أبوللو ١١»، فضلاً عن عدة أعمال فنية أخرى، وثمة فوهة صغيرة بالقرب من مهبط أبوللو ١١ على سطح القمر تحمل اسمه كنوع من التشريف.

- **براندون كارتر (١٩٤٢-٠٠٠) Brandon Carter:**

- فيزيائى نظرى أسترالى، يُعرف بأعماله المتعلقة بخواص الثقوب السوداء، ولكونه أول من وظف المبدأ الأنثروبولوجى بشكله المعاصر، والأرض فى بواكيرها، والنظرية النسبية العامة، ويقوم حاليًا بتدريس الرياضيات والعلوم الفلكية بجامعة الملكة مارى بلندن (QMUL).

- شارك بمساهمات مهمة للعصر الذهبى للنسبية العامة. وعثر على الحل الصحيح للمعادلة الجيوديسية geodesic equation، وكذا الحل الصحيح للفراغ الكهربى Electrovacuum المسمى باسم Kerr/Newman وأقصى تمديد أو توسع لتحليل هذا الحل، وخلال ذلك اكتشف الثابت الرابع للحركة، والكمية الممتدة المسماة Killing-Yano.

- وبالمشاركة مع ستيفن هوكنج وفيرنــر إســرائيل **Verner Israel** أثبــت النظرية الخاصة بـــ **No-hair** في النسبية العامة، موضحًا أن كل محطات أو مواضع الثقوب السوداء غير المتماثلة تتسم كلية بالكتلة والشحنة والقوة الدافعة الزاوية.

- وحديثًا (٢٠٠٥) وبالمشاركة مع شاشــو **Chachoua** وشَــاميلْ **chamel** شكلوا معًا نظرية عن الانهيار المرن **elastic** في النجوم النيترونية.

- كان من بين الحاصلين على منحة من مؤسسة جون تمبلتون مــن أجــل مشروع حمل اسم «الفيزياء الأساسية ومشكلة الوجود"، وأصــبح ناشــرًا لكتاب يقوم على سلسلة مؤتمرات مولتها المؤسسة المشار إليها بعنــوان: «كون واحد أم أكوان متعددة؟».

- **بروميثيوس Prometheus:**

- وتعني فـــي اللغـــة الإغريقيـــة القديمـــة حرفيًــا: المتــروّي أو النــاظر للعواقب، وهو اسم واحــد مــن التيتــانيين **titan** مــن عبــاقرة المكــر (ظهرت القصة الأســطورة فـــي عــصر الــشاعر هيزيــود **Hesiod**)، والذي تمكــن مــن ســرقة النـــار مــن كبيــر الآلهـــة زيــوس **Zeus** وإعطائها للبشر الفانين لاستخدامها في حياتهم، وقــد تعاملــت مــصادر كثيرة مع الأســطورة، إمـــا لمــدح بروميثيــوس أو لومـــه علـــى دوره المحوري في تاريخ البشر المبكر.

- وتستطرد الأسطورة في تفاصيل كثيرة تنتهي بغضب زيوس الحاكم العادل للعالم وبقضائه على بروميثيوس، بأن يربط بسلسلة مع حجر ضخم يرفعه معه إلى قمة جبل فيتدحرج الحجر به إلى السفح فيعود فيرفعه إلى القمـــة، ولكنه يتدحرج ثانية ويتكرر الأمر إلى الأبد.

- وترمز الأسطورة – فى استخدامها الحالى – إلى الأعمال المتكررة التى لا نهاية لها ولا فائدة ترجى منها، أو الأعمال المملة المضجرة ونحوها.

- **برسيڤال لورنس لويل (١٨٥٥-١٩١٦) Percival Lowrence Lowell:**

- رجل أعمال أمريكى ومؤلف ورياضى وفلكى، حيث دعم فكرة وجود قنوات على سطح المريخ، وهو أيضًا منشئ مرصد لويل بأريزونا، وشكل بدوره الفلكى بداية للمجهودات التى أدت لاكتشاف كوكب بلوتو (كوكب أفلوطين، والذى يعد أبعد الكواكب السيارة عن الشمس) بعد ١٤ عامًا من مماته وهو الكوكب الذى حمل جزئيًا نوعًا من التشريف له باستخدام الحروف الأولى من اسمه "PL".

- كان شقيقًا لرئيس جامعة هارفارد (والتى تخرج هو فيها بدرجة التميز فى الرياضيات)، كما أن له شقيقة تعمل شاعرة تصويرية وناقدة وناشرة، كما أُبتعث فى مهام قنصلية للولايات المتحدة فى كوريا، وقضى أوقاتًا عدة فى اليابان، مؤلفًا، يكتب عن ديانات وسلوكيات اليابانيين من حيث لغتهم وطقوسهم واقتصادياتهم وما إليه، ومن أبرز هذه الكتب وآخرها الذى حمل عنوان «روح الشرق الأقصى» عام ١٨٨٨.

- وبدءًا من شتاء عام ١٨٩٣ استخدم ثروته ونفوذه للتفرغ للعمل الفلكى بعد قراءته كتابًا شهيرًا عن كوكب المريخ، وكذا اهتمامه بفكرة العالم الإيطالى جيوڤانى شياباريللى عن اعتقاده بوجود قنوات على المريخ، وقد قضى فى العمل الفلكى الـ ٢٣ عامًا الأخيرة من عمره.

- انتقل إلى أريزونا، وبالذات لمنطقة تعلو على سطح البحر بأكثر من ٧٠٠٠ قدم، باعتبارها موقعًا متميزًا للملاحظة الفلكية، حيث قضى ١٥ عامًا فى الدراسة المكثفة والشاملة للمريخ، ومنتجًا لرسوم معقدة لسطحه كما فهمها هو، والتى ضمنها كتبه «المريخ وقنواته» عام ١٩٠٦

و«المريخ كمقر للحياة» عام ١٩٠٨، محرضًا بذلك على الفكرة المستمرة منذ وقت طويل من أن المريخ كان عليه ذات مرة نوع من الحياة الذكية.

- جاءت أكثر مساهماته في دراسة الكواكب في السنوات الثماني الأخيرة التي وهبها للبحث عما يعرف بالكوكب **X**، والذى كان المفترض أن يقع بعد الكوكب نبتون **Neptune** (إله البحر عند الإغريق، والذى يعد الثامن من حيث البعد عن الشمس) والسابق الإشارة إليه فى فقرة سابقة.

- **تشارلز دارون (١٨٠٩-١٨٨٢) Chareles Robert Darwin:**

- عالم إنجليزى طبيعي أدى مفهومه عن التطور من خلال الانتخاب الطبيعي البيولوجي إلى نوع من الثورة العلمية، حيث أعلن أن الصراع من أجل البقاء موجود فى كل مكان، والأنواع المفضلة هى التى تبقى، بينما تتقرض الأنواع غير المفضلة، وأن ذلك هو آلية الطبيعة فى ظهور أجيال جديدة (فالحيوان صاحب القرن الأطول أو الريش الألمع لديه فرصة أقوى للبقاء عن تلك الأقل تنافسية)، وهى الفكرة التى قوبلت بالرضا النسبي، وأفادت علوم التشريح والأجنة والأحاثة (شكل الحياة فى العصور الجيولوجية كما تتمثل فى المتحجرات وغيرها). كما كانت له نظرية حول التشكلات العظمية على الحيود البحرية.

- استغرق عمله حول «أصل الأنواع» ٢٠ عامًا، وهو ما ظهر فى مؤلفه الرئيسي بنفس العنوان عام ١٨٥٩، والذى أعيد طبعه ست طبعات حتى عام ١٨٧٢ بما يفيد القبول الواسع له فيما عدا اعتراض بعض الثيولوجيين لما تضمنه من اختلاف عن التأويل الوارد فى الكتاب المقدس، وخلو نظريته تمامًا من عملية الخلق، واعتبار الحياة تتصرف كما فى الفيزياء. (الكتاب له ترجمتان – فى حدود معلوماتى – عربية ومصرية كما يلزم التنويه إلى كتاب اشتمل على كل ما لحق بالنظرية من إصلاحات وتطورات وكل ما وُجه إليها من انتقادات وذلك ضمن سلسلة القراءة للجميع).

- له أيضًا عدة مؤلفات تجرى على نفس منوال الكتاب الأصلي وغيرها، تضمنت ظواهر أخرى كالتصنيف العلمي للنباتات والحيوانات إلى طوائف ورتب وأجناس وأنواع.

- **تشارلز لايل (١٧٩٧-١٨٧٥) Charles Lyell:**

- محام إسكتلندى وجيولوجى ومشايع لنظرية التشكل الأحادى أو الاتساقى **uniformitarianism** (مصطلح يتعلق بالجيولوجيا «علم طبقات الأرض»، ويعنى أن الأرض يطرد تطورها تدريجيًا عبر آماد طويلة بالضبط كما يحدث لها الآن).

- بعد تخرجه كمحام فى أكسفورد وعمله لفترة، اتجهت مشاعره لامتهان الجيولوجيا بجدبه، دارسًا لها فى البداية تحت مظلة العالم الطبيعى ويليام لوكلاند، وهى الفترة التى بشرت بمستقبل طويل فى هذا المجال، وأثمرت قبولاً واسعًا لأفكاره التى قامت بشكل أساسى على «التشكل الأحادى» الذى كان قد اقترحه قبله بعدة عقود قليلة جيمس هوتون **James Hutton**.

- ألف كتابين عن رحلاته الجيولوجية أحدهما بعنوان: «رحلات لشمال أمريكا وكندا» عام ١٨٤٥ والآخر «زيارة ثانية للولايات المتحدة» عام ١٨٤٩، وكان من أول المتبرعين لإعادة قيام مكتبة شيكاجو العامة بعد حريق شيكاجو الكبير، والذى ضاعت فيه مكتبتها العامة.

- ثمة إحدى الفوهات على المريخ سميت باسمه تشريفًا له، وأيضًا جبل فى غرب تسمانيا يحمل اسمه، بالإضافة لمنطقة مناجم مربحة بأستراليا.

- من الجدير بالذكر أن أشهر كتبه هو أول كتاب قام بتأليفه بعنوان: «مبادئ الجيولوجيا» **Principles of Geology** والذى نشره ما بين عامى ١٨٣٠و١٨٣٣ فى ثلاثة مجلدات، والذى أبرز مكانته الفعلية كمنظِّر جيولوجى مهم والذى أعاد من خلاله تقديم نظرية «التشكل الأحادى أو

الاتساقى»، وكانت الفكرة المركزية فى الكتاب كله أن «الحاضر هو مفتاح الماضى» لأن بقايا الظواهر الجيولوجية من الماضى البعيد يمكن ويجب أن تفسّر من خلال الرجوع إلى العمليات الجيولوجية التى تجرى الآن.

- وقد وافته المنية وهو في مرحلة مراجعة الطبعة الثانية عشرة لهذا الكتاب، والذى كانت كل طبعة منه فرصة لمؤلفه لوضع لمسات جديدة مما يعثر عليه ويكتشفه من مواد جديدة وبعض الأدلة، مما أضاف لقيمة الكتاب ووسع من انتشاره سواء بين العامة أو فى الأوساط العلمية.

- **توماس روبرت سيش Thomas Robert Cech:**

- مولود فى شيكاجو عام ١٩٤٧.

- عالم أمريكى حاصل على جائزة نوبل فى الكيمياء هو وآخر عام ١٩٨٩، وحاصل على الدكتوراه من جامعة كاليفورنيا عام ١٩٧٥ وكانت أول وظيفة جامعية له في جامعة كلورادو، حيث قام بتدريس الكيمياء والبيوكيمياء، وفى عام ٢٠٠٠ رأس معهد هوارد هوجز الطبى فى ميريلاند، كما انضم عام ٢٠٠٦ لجامعة هارفارد.

- كما انتخب عام ١٩٨٧ للأكاديمية الأمريكية الوطنية للعلوم، وفى العام الذى يليه تم انتخابه للأكاديمية الأمريكية للعلوم والفنون.

- حصل على عديد من الجوائز الأمريكية والهولندية فى مجال تخصصه.

- **توماس جولد (١٩٢٠-٢٠٠٤) Thomas Gold:**

- عالم نمساوى تخصص فى الفيزياء الفلكية، وأستاذ للفلك بجامعة كورنيل، وعضو الأكاديمية الأمريكية للعلوم، كما كان من بين ثلاثة من علماء كامبريدج الشبان الذين فى خمسينيات القرن الماضى اقترحوا نظرية «الكون الثابت» وهى الفرضية التى تم هجرها حاليًا، وتدور أعماله فى

حدود الفيزياء العضوية والفيزياء الفلكية، وهندسة الفضاء، والفيزياء الأرضية.

- ظل ساكنًا طوال الحرب العالمية الثانية وهى الفترة التى تعرف فيها إلى هيرمان بوندى، وبمجرد تحرره من صفة العدو الأجنبى عمل معه ومع فريد هويل اللذين معًا تمكنوا من هدم دوجما الأعمال القديمة عن طبيعة الكون من خلال نظرياتهم المتحررة، وفى عام ١٩٥٩ واتته فرصة إقامة وحدة نظامية لدراسة فيزياء الإشعاعات وأبحاث الفضاء بجامعة كورنيل، والتى رأس فيها الإدارة الفلكية وهى الجامعة التى ظل بها حتى منيته.

- كان هو الذى صك تعبير «مجال جاذبية الأرض»، كما اقترح مع بوندى نظرية الكون الثابت، واستطاع مع هويل أن يعرفا النجوم النوابض أو النابضة على أنها أجسام تتعاقب بسرعة مع النجوم النيوترينية من خلال حقول، ويعد ذلك تفسيرًا صحيحًا.

- قدم وأشاع فكرة أن طبقة ثقيلة من الغبار لا بد أنها تغطى أجزاء كثيرة من سطح القمر وهى الفكرة التى دعمت التصميم الصحيح لهبوط مسابر القمر فى الرحلات الفضائية القمرية، إلا أن تحذيراته كانت زائدة على الحد لتقديره المغالى فيه عن أن التمدد الدورى الحرارى وتفاعلاته لا بد أنها تدمر وتسحق صخور السطح القمرى، ومع ذلك كانت بصيرته قوية فى اقتراحاته العامة عن الكتلة المعدنية المتكونة تحت الخبث القمرى.

- **توماس هـ. جوكز (١٩٠٦-١٩٩٩) Thomas H. Jukes:**

- بيولوجى إنجليزى - أمريكى معروف فى مجالات التغذية، وتطور الجزيئات، وانخراطه فى الموضوعات العلمية المثيرة للجدل مثل ما تتعلق بالـ: ددت **DDT**، وفيتامين **.C** وخلق العالم **creationism**.

- شارك فى كتابة المقال المعنون: «التطور اللا داروينى» والذى نشر عام ١٩٦٩ فى مجلة «العلوم» وهى الفكرة التى صارت أصلاً لظهور (هى وغيرها بالطبع) النظرية المحايدة للتطور الجزيئى.

- ساعد فى تحديد العلاقات بين عناصر فيتامين **B. Complex** من خلال تجارب على الدجاج، ثم بعد ذلك فى اكتشاف أن حامض الفوليك هو فيتامين، وكذا أن تغذية الدواجن والدواب بجرعات مستمرة من المضادات الحيوية يَحثّ عملية نموهم، وهو الأمر الذى أصبح معروفًا جيدًا فى صناعة اللحوم.

- اقترح عام ١٩٦٩ مع زميله جاك كينج أن تطور البروتين قد تحدد من خلال دورة جينية فى التغيار الإحيائى، والذى لم يكن مفيدًا ولا ضارًا.

- انخرط بشدة خلال ستينيات القرن الماضى فى جدليات علمية شديدة.

- وبين عامى ١٩٧٥ و ١٩٨٠ كان من بين قلة من العلماء لهما عمود دائم فى مجلة «الطبيعة»، والذى خصصه لشجب ما سَمّاه العلم الزائف أو الكاذب والذى عبّر عنه بأن لديه شكوكًا قوية فى أن الكلمة المطلقة أو غير المقيدة لمفهوم «حقيقة» أو معنى «حقيقى» غالبًا ما يساء استعمالها عبر المبالغة والتضخيم.

- كان ناقدًا بارزًا للدعاوى القائلة بفوائد الجرعات الكبيرة من فيتامين C كما تكرر نقده لدعاوى غذائية أخرى ومعالجات تقوم على نوع العلاج المثلى (إعطاء مريض جرعات معينة لو أعطيت لشخص سليم لعانى من نفس أعراض المرض المُعالج)، وكذا بعض أدوية مرض السرطان.

- لقى حتفه بعد معاناة لذات الرئة.

- تيتوس لوكريتيس كاروس Titus Lucretius Carus:

- (من ٩٩ قبل الميلاد إلى ٥٥ قبل الميلاد) وإن كان هناك جدل كبير وتضارب حول صحة ودقة التاريخين، مولدًا ووفاة.

- شاعر روماني معروف فقط بعمله الملحمي الشعري الفلسفي بعنوان: «حول طبيعة الأشياء» Epicureanism De Rerum Natura أو "On the Nature of Things".

- أصيب بالجنون بعد جرعة دواء للحب، وفي أوقات إفاقته كتب بعض الكتب (والتي لم يُعثر على آثارها إلا عبر إشارات مؤلفين آخرين كما قصيدته - المشار إليها) وبعدها وعند بلوغه سن الـ ٤٤ انتحر، منهيًا بذلك حياته القصيرة.

- چاك مونود (١٩١٠-١٩٧٦) Jacques (Lucien) Monod:

- بيوكيميائي فرنسي، عمل كثيرًا في شرح الطريقة التي تنظم بها الجينات عملية الأيض (التمثيل الغذائي) بتوجيه التخليق الحيوي للإنزيمات وحصل مع فرنسوا جاكوب وأندريه لوف عام ١٩٦٥ على جائزة نوبل في الفسيولوجي.

- تلخص اقتراح ثلاثتهم، والذي كان وراء الجائزة، في وجود شريط الرنا الذي تقام الدنا على قاعدته، والذي يحمل المعلومات المشفرة فوق القاعدة المركبة من الإنزيم البروتيني (المادة الحافزة البيولوجية).

- شرح وجهة نظره في كتابه «المصادفة والضرورة» (عبارة عن مقالات مطولة) والقائلة بأن أصل الحياة وعمليات التطور كليهما وليد المصادفة.

- چان أورت (١٩٠٠-١٩٩٢) Jan Hendrik Oort:

- فلكى هولندى له شهرة عالمية يعرف بتنبيهه للأشعة الكونية، كما تحمل سحابة «أورت» اسمه، تشريفًا له.

- حصل على الدكتوراه عن أطروحته المعنونة: «النجوم التى تصل سرعتها لسرعة الضوء»، وفى عام ١٩٢٧ أنشأ نظرية تقول بأن المجرة اللبنية تدور حول محور، وذلك من خلال تحليله حركة النجوم.

- كان مسحورًا بالأشعة الكونية، وبعد الحرب العالمية الثانية أصبح رائدًا فى مجال جديد سمى بالفلك الإشعاعى **radio astronomy**، وكان يعتمد فى عمله على رادار قديم استعاره من ألمانيا، وفى ١٩٥٠ نجح فى جمع أموال لتلسكوب أكبر للبحث عن مركز المجرة اللبنية، وبعدها فى العام ١٩٧٠ تم بناء واحد أكبر منه يشتمل على اثنى عشر تليسكوبًا صغيرًا بالقرب من التلسكوب القديم وهو ما كان قد إقترحه من قبل، ولكن تمت تجربته لأول مرة بمعرفة آخرين فى كامبريدج.

- دعواه بأن المذنبات لها أصل واحد والتى أطلقها عام ١٩٥٠، والذى حدده بالسحابة التى تحمل اسمه، تمت البرهنة فيما بعد على صحتها، كما ذكر أن الضوء الصادر عن سديمية السرطان **Crab nebula** هو مجرد ضوء مستقطب من مصادر أخرى كانبعاثات، والموصوفة بالسنكروتونية.

- من مكتشفاته أيضًا الهالة المحيطة بالمجرة، والتى تدور معها ولكن خارجها، وفى عام ١٩٢٧ حسب أن مركز المجرة يبعد عن الأرض بمقدار ٥,٩٠٠ فرسخ نجمى (١٩,٢٠٠ سنة ضوئية) فى اتجاه التجمع النجمى المعروف باسم **Sagittarius**، كما اقترح بأن حجم المجرة ككل يعادل مائة بليون من حجم الشمس.

- **چاك كورليس Jack Corliss:**

- وهو عالم يعمل فى مجالات الجيولوجيا وظواهر المحيطات وميدان أصل الحياة، حيث حصل على إجازة الدكتوراه من معهـد الأوقيانوسـات فـى ستينيات القرن الماضى، والتى من بين أجزائها دراسة عن تحليل عينات مـن الصخور البازلتية من الحافة الوسـطى للأطلنطـى **Mid-Atlantic Ridge**، والتى أبرزت أدلة على دوران مائى يشير إلى وجود ينابيع حـارة تحـت الماء عرفت بالفتحات أو الفوهات المتطرفة الحرارة.

- وبعدها بسنوات قليلة ذهب هو وريتشارد فون هيرزن وروبرت بالارد فى مركبة تعمل تحت الماء بقيادة جاك كوتللى، حيث تأكدوا من هذه الفوهات لأول مرة ومن المجتمع الحيوى الذى يعيش فى ظل هذه الحرارة كالديدان الأنبوبية العملاقة وأسماك من نوع «البطليموس» (حيوان من الرخويات)، وبعض نوعيات الجمبرى وغيرها، وكان ذلك عام ١٩٩٧.

- وترك هذا الكشف أثرًا على تحويل دفة أبحاثه من المجـال الجيولـوجى الكيميائى إلى محاولة العثور على «أصل الحياة»، مفترضًا أنها بدأت فـى تلك الفوهات بأعماق البحر، ونشر مع چون بارو وسارة هوفمـان، بحثًـا بهذا المعنى، وفى عام ١٩٨٨ انضم لمركز حوسبى متقدم فى وكالة ناسـا لمتابعة نظم ثورية جديدة، خاصة بما يعرف بالنماذج الخلوية الأوتوماتيكية (المخلقة كمبيوتريا).

- **چاك فارمر Jack Farmer:**

- جيولوجى أمريكى حاصل على الدكتوراه فى هذا المجال، وبعدها أصـبح محاضرًا فى العلم المتحفى، وباحثًا فى مجال جيولوجيا البتـرول وعلـوم الفضاء فى أوكلا **UCLA**.

- انضم لوكالة ناسا كباحث عام ١٩٩١ فى قسم الجيولوجيا الخارجية، ثم فى

عام ١٩٩٨ قبل منصبا جامعيًا بجامعة ولاية أريزونا وفورها شارك فـــي تمويل برنامج ناسا للبيولوجيا الفلكية.

- تتركز اهتماماته في التطور الباكر للمجال الحيوى والميكروبيــة وعلــوم الثقالة أو الرسابة العضوية **biosedimentology** في اليـنــابيع الحراريـــة وغيرها من البيئات المتطرفة، وكذا في الاستراتيجيات المتعلقة باكتــشاف المريخ والأجسام الأخرى في النظام الشمسى قديمًا وحديثًا.

- ولكل هذا، أصبح من المبرزين في مجال البيولوجيا الفلكية حتى إنه يعــد من الذين تقبل شهادتهم واستشاراتهم لدى الكونجرس ووكالة ناســا، فيمــا يتعلق بالرحلات الاستكشافية ونتائجها وكل ما يتعلق بالمجال، كمــا أنــه عضو بارز لكل المؤسسات الاتحادية الأمريكية الخاصة بهــذه الأمــور، وأيضًا له عضوية بالجمعية الأمريكية الهندية للعلوم والهندسة.

- **ج.ب.س. هالدين (١٨٩٢-١٩٦٤) J.B.S. Haldane:**

- واسمه بالكامــل جـون بـوردن ساندرســون هالــدين " **John Burdon Sanderson Haldane**" وكان ينادى باسم جـــاك **Jack** ولكنــه اســتخدم الحروف الأولى من اسمه في أعماله المنشورة.

- عالم وراثة بريطاني وبيولوجي تطورّي وكان مؤسسًا مـــع رونالدفيــشر وصامويل رايت علم الوراثة العام، كما اشترك مع القوات الفرنـــسية فـــي الحرب العالمية الأولى من ١٩١٥ إلى ١٩١٩.

- وبعد الحرب من ١٩١٩ إلى ١٩٢٧، قضاها في أكسفورد عـــاملاً علـــى الإنزيمات وعلم الوراثة، وكتب عدة مقالات علمية تم تجميعها في مجلـــد بعنوان: «العوالم الممكنة»، ثم انتقل إلى جامعة لندن، حيث قضى معظـــم حياته العلمية، وفي عام ١٩٢٣ تنبأ بما يعرف بـــ «باســـتنزاف الـــنجم"، وكانت هذه بادرة أولى لاستخدام شـــبكة مـــن المحـــولات الهيدروجينيـــة كمصدر للطاقة المتجددة في عالم الاقتصاد.

- في ١٩٢٥، ومشاركًا مع جي إي بريجز G.E. Briggs استخلصا تأويلاً لقانون تأثير القوة في حركة الإنزيمات الذي وصفه فيكتور هنري في ١٩٠٣، ومخالفًا لمعادلة ميشيل – مينتين اللذين كانا قد افترضا أن الإنزيم (كمُحفِّز أو مثير) والمادة المتخمرة (كمفاعل) هما في حالة توازن مع تعقيدهما حيث يتفككان لإحداث منتج هو الإنزيم الحر، ولكن استخلاص بريجز – هالدين، وإن كان في ذات الشكل الجبري (نسبة لعلم الجبر)، إلا أنه اعتمد على حالة الثبات وعلى هذا اختلفا عن سابقيهما، وتقوم معظم النماذج البحثية على هذا المنحى الأخير.

- كما يعتبر هالدين ثالث ثلاثة من حيث الأهمية في علم الوراثة العامة بعد فيشر وصامويل رايت، ومساهمته في ذلك تركزت في سلسلة أبحاث عن النظرية الرياضية في الاختيار الطبيعي والاصطناعي، وأُعتبرت أهم ما ورد في هذه النظرية، والتي عالج فيها لأول مرة حالات بالغة الأهمية، مبرزًا اتجاهات ومستويات التغير وتواتره في الجينات، كما بحث فيها – وبشكل اعتبر من قبيل الريادة – تفاعلات الاختيار الطبيعي في عمليات التحول الإحيائي وفي حالات النزوح.

- وفي كتابه المعنون: «أسباب التطور» (عام ١٩٣٢) لخص ما أصبح يعرف بـ: «التطور التركيبي الحديث»، ومدعمًا فكرة أن الاختيار الطبيعي هو الآلية الأولى للتطور وذلك من خلال مصطلحات رياضية لعلم الوراثة، كما وضعه «مندل».

- وبالإضافة لمساهماته في علوم الوراثة والأحياء فقد جاءت مقالته بعنوان: «أن تصبح بالحجم الصحيح» لتكرس ما اعتبره البعض مبدأ هالدين والمتمثل في أن حجم جسم الكائن الحي هو الذي يحدد ماهي أدوات الجسم التي يحتاجها الكائن.

- كان تجريبيًا هائلاً حتى إنه كان يتعرّض للمخاطر الحقيقية للحصول على المعلومات، وكذا كان من بين أشهر من بَسطوا العلـم للجمهـور، وفـي النهاية فقد أوصى قبل موته بالتبرع بجسده بالكامل للأبحاث العلمية.

- **جراهام كيرنز – سميث (١٩٣١–٠٠٠٠) Graham Carins-Smith:**

- كيميائى عضوى وبيولوجي جزيئات بجامعة جلاسجو **Glasgow** بأسكتلندا وتتركز شهرته فى كتابه الذى أثار جدلاً واسعًا عند نـشره عـام ١٩٨٥ بعنوان «سبعة مفاتيح لأصـل الحيـاة» **Seven Clues to the Orgin of Life**، والذى أوضح فيه نظرية، كان قد عكف على تطويرها منذ أواسـط ستينيات القرن الماضى، مؤداها أن خطوة وسيطة بين حالة المادة الساكنة المعلقة والحياة العضوية، ربما تمثل التنظيم الذاتى لبللورات الوحل خـلال انحلالها.

- كما نشر عام ١٩٩٦ كتابًا بعنوان: «نشوء أو انبعاث العقـل» **Evolving the Mind**، ويدور حول نشوء الوعى، مشيرًا إلى تفضيله ميكانيكا الكـم فى التفكير البشرى، وهو الكتاب الذى نال كثيرًا من الاحترام، ولكنه كان محل مجادلة من قبل الفيلسوف دانيل دينيت **Daniel Dennett**.

- وبالنسبة لنظريته فى «الوحل»، فيمكن تلخيصها فى الآتى: يتكون الوحـل من انحلال السيليكات، الذى يتقطع، فينمو الوحل أكثر، وتتشكل كتل كبيرة من البللورات لها مظهر خارجى معين، ربما تحدث تأثيرًا فى البيئة الـذى بدوره يؤثر على فرصتها فى التكاثر، وعلى سبيل المثال، فـإن الوحـل الأكثر غلظة ينشئ بيئة محفزة لمزيد من الرسوبية عن طريق تكوين مـا يمكن تسميته مرتبة «الغرين». ومن المفهوم أن مثل هذه التأثيرات يمكـن أن تمتد لتنشئ مسطحات معرضة للهواء لتجـف وتتحـول إلـى غبـار (تراب)، الذى يسقط فى حال من العشوائية فى مجريات أخرى. وهكذا من

خلال عمليات فيزيائية غير عضوية، ربما توجد بيئة انتقائية لإعادة إنتاج وتكاثر بللورات الوحل فى أشكال أكثر غلظة. وبعد ذلك تجىء عملية الاختيار الطبيعى لبللورات الوحل التى تقبض على أشكال من الجزيئات على سطوحها (وهى التى تهيئ لمزيد من تكاثرها الكامن فيها بالقوة) ويمكن هنا لجزيئات سابقة زمنيًا على الجزيئات العضوية أن تُستَحث من خواص سطوح السليكات، والخطوة الأخيرة تتمثل فى أنه بعد ذلك الوضع البدائى المعقد تأخذ الجزيئات على عاتقها نقلة وراثية عبر «عربة» الوحل تلك لتصبح موضعًا مستقلاً للتكاثر، وهى بالطبع لحظة تطورية، ربما يمكن فهمها على أنها مرحلة أولى من التهويم أو اللا استقرار.

- ورغم تكرر حدوث هذا كنموذج على نوع العملية التى ربما تكون قد وقعت فى المرحلة السابقة على الدنا، فإن نظرية التولد التلقائى عبر الوحل أو قل «الطمى» لم تحظ بقبول واسع.

- **جريجورى شيتان (١٩٤٧-٠٠٠) Gregory Chaitin:**

- رياضى أرچنتينى ومتخصص فى علوم الكمبيوتر، ساهم فى نظرية معلومات العد العربى أو العشرى، خاصة النظرية الجديدة للا اكتمال الشبيهة بجدول أو قائمة فى اللا اكتمالية، وأكمل نظريته وهو لم يبلغ بعد العشرين من عمره، وعرف ما يسمى «ثابت شيتان Ω» وهو رقم حقيقى تتوزع مفرداته بشكل متساو، والذى يوصف رسميًا بأنه يعطى تفسيرًا لاحتمالية توقف برنامج عشوائى. وهذا الثابت يمثل خاصية معرفة ولكن غير قابلة للحوسبة. ويعتبر عمله المبكر فى نظرية المعلومات الحسابية متوازيًا مع أعمال كلموجوروف.

- كتب شيتان أيضًا فى الفلسفة، خاصة فى الميتافيزيقا وفلسفة الرياضة وبشكل خاص، فيما يتعلق بالمسائل ذات الطبيعة المعرفية فى الرياضيات،

وادعى أن نظرية المعرفة الحسابية هى مفتاح حل المشاكل فـى مجـال البيولوجيا وعلم الأعصاب (مشكلة الوعى ودراسة العقل).

- وفى كتاباته المتأخرة دافع عن وضع يعرف بالفلسفة العدديـة العـشرية، وفى نظرية المعرفة الحسابية ادعى أن ما عثر عليه فى المنطق الرياضى وفى «النظرية نفسها» هو حقائق رياضية حقيقيـة مـن دون سـبب، أى حقيقية بالمصادفة، وبالتالى هى حقائق «رياضية عشوائية» – حسب مـا كتب هو نفسه – مقترحًا أن على الرياضيين أن يهجروا أى أمل فى إثبات هذه الحقائق الرياضية، وفقط عليهم أن يتنبأوا بها فيمـا يـشبه المنهجيـة التجريبية.

- ويعتبر شيتان مؤصل استخدام الرسم البيانى الملـون لتـسجيل العمليـات التركيبية وهو ما يعرف بحساب شيتان.

- من بين مؤلفاته: «نظرية المعلومات الحسابية» عام ١٩٨٧، و«المعلومات والعشوائية واللا اكتمالية» عام ١٩٨٧ أيضًا، و«المعلومات النظرية غيـر المكتملة» عـام ١٩٩٢، وحـدود الرياضـيات» عـام ١٩٩٨ و«غيـر المعروف» عام ١٩٩٩، و«استكشاف العشوائية» عام ٢٠٠١، و«حـديث مع رياضى» عام ٢٠٠٢، و«من الفلسفة إلى حجم النموذج» عام ٢٠٠٣، و«ما وراء الرياضيات: بحث فى النهايات» عام ٢٠٠٥.

- **جوستاف أرهينيوس Gustaf Arrhenius:**

- حاصل على الدكتوراه من جامعة ستوكهولم عـام ١٩٥٣، شـارك فـى رحلات الأبحاث لأعماق بحر السويد وغيرها مـن الـرحلات البحثيـة، ويعمل من ثم، أستاذًا لعلوم للمحيطـات والأوقيانوسـات **oceanography** وأستاذًا زائرًا فى معهد كاليفورنيا للتقنية فى أعـوام ٥٢-١٩٥٦ ومعهـد الأرصاد الجوية **meteorology** بجامعة سـتوكهولم عـامى ٥٦، ١٩٥٧

وبجامعة هارفارد الأمريكية عام ١٩٦٥، كما خدم مع فريق تخطيط الأبحاث القمرية بوكالة ناسا أعوام ٧٠-١٩٧٢، وكذا جماعة البحث الخاصة بالمذنبات والكويكبات والكشف عنها أعوام ٧٣-١٩٧٥.

- اهتمت أبحاثه بالترسبات المحيطية وكيمياء الكريستال من العناصر الطبيعية والتركيبية، والكيمياء الكونية والقبل بيولوجية، والترسبات الباكرة، التى تمثل سجلاً للحياة على الأرض وعلى المريخ.

- طبع أكثر من ١٥٠ بحثًا وكتابًا فى تلك المجالات، كما تلقى العديد من الجوائز العلمية من الولايات المتحدة والسويد – كما انتخب عضوًا فى الجمعية الأمريكية للعلوم المتقدمة، وكذا الجمعية التعدينية، وأيضًا الجمعية الجيولوجية بالهند، وعضوًا بالأكاديمية الدولية (تفورشيستافا **Tvorchestava**) والأكاديمية الملكية للعلوم بالسويد، والأكاديمية الملكية للآداب والعلوم بجوتنبرج.

- **چورج جاموف (١٩٠٤-١٩٦٨) George Gamow:**

- روسى المولد باسم چورچى أنتونوفيتش جاموف، وهو فيزيائى نظرى ومتخصص فى علوم الكونيات، والذى اكتشف تضاؤل أشعة ألفا تدريجيًا، عبر الأنفاق الكمومية، وعمل كثيرًا على اضمحلال الإشباع فى الجزيئات الذرية، وتشكل النجوم والجزيئات البين نجمية، وتركيب الجزيئات فى الانفجار الكبير وتركيب الجزيئات الكونية بصفة عامة، وفى علوم الوراثة.

- بعد أن كان مستقرًا فى بواكير القرن العشرين على أن ثمة سمات محددة لمستويات الاضمحلال وما يعرف بأنصاف الحياة، وكذا كان مستقرًا على أن انبعاث الأشعة له طاقة معينة، استطاع جاموف أن يحل الأمر، مستخلصًا علاقة بين الجسيم ذى النصف حياة والطاقة اللازمة للانبعاث.

- نشر هو وتلميذه بحثًا بعنوان: «أصل العناصر الكيميائيــة» "The Origin of Chemical Elements"، أوضحا فيه أن مستويات الهيدروجين والهيليوم (والمعتقد أنهما يمثلان ٩٩٪ من كل المادة في الكون)، يمكــن تفــسيرهما جيدًا بواسطة التفاعلات التي وقعت خلال الانفجار الكبير. وهو مــا أمــد نظرية الانفجار الكبير بدعم كبير، وإن لم تفسر ظهور عناصر أكثر ثقــلاً من الهيليوم (وهو ما فسره فريد هويل فيما بعد).

- وفي البحث نفسه قدم تقريرًا لقوة ما هو متخلف من الموجات الميكرويــة «microwave» في الخلفية الإشعاعية للكون (CMB)، حيث تنبأ بأنه بعد توهج واتقاد الانفجار الكبير ببلايين السنين، فقد تداعت للبــرودة، مالئــة الكون بإشعاعات مقدارها خمس درجات فوق الصفر المطلق.

- وفي بحث آخر له بمجلة الطبيعة Nature الإنجليزية عام ١٩٨٤ طور فيه معادلات عن كتلة وإشعاعات مجرة بدائية، (والتي تحتوى على مائة بليون نجم تعادل حجم الواحد منها كتلة الشمس)، وهو ما لــم يبــذل الفلكيــون والعلماء جهدًا ملحوظًا في تعقب أشعة الخلفية الكونية، إما لنقص اهتمامهم بالأمر، أو لقلة الرشد في ملاحظتها.

- من مؤلفاته «مولد وموت الــشمس» عــام ١٩٤٠، و «الــسيرة الذاتيــة للأرض» عام ١٩٤١، و «واحد، اثنين، ثلاثة... اللا نهائية» عام ١٩٤٧، و «القمر» عام ١٩٥٣، و «رياضيات المتاهة» عام ١٩٥٨، و «الجاذبية» عام ١٩٦٢، و «كوكب اســمه الأرض» عــام ١٩٦٣، و «نجــم اســمه الشمس» عام ١٩٦٤.

- **جون ماينارد سميث (١٩٢٠-٢٠٠٤) John Maynard Smith:**

- عالم وراثة إنجليزى وبيولوجي تطورى، رغم أنه أصلاً كان متخصــصًا في هندسة الطيران، إبان الحرب العالمية الثانيــة، وبعــدها درس علــوم

الوراثة بإشراف هالدين، كما كان فاعلاً مهمًا فى تطبيق «نظرية الألعاب» فى مجال التطور، ومنظرًا أيضًا فى موضوعات أخرى مثل تطور الجنس ونظرية الإشارات.

- نشر كتابًا بعنوان «تطور الجنس» الذى أوضح فيه، وبمصطلحات رياضية، فكرة التكلفة الثنائية لمنحيات الجنس **"two-fold cost of sex"**.

- حصل على عديد من الجوائز العلمية، كما شرفوه بتخصيص جائزة علمية باسمه.

- من بين مؤلفاته: «أفكار رياضية فى البيولوجيا» عام ١٩٦٨، و«حول التطور» عام ١٩٧٢، و«نماذج من عالم البيئة» عام ١٩٧٤، و«تطور الجنس» عام ١٩٧٨، و«التطور الآن» عام ١٩٨١، و«التطور ونظرية الألعاب» عام ١٩٩٢، و«مشاكل البيولوجيا» عام ١٩٨٦، و«هل فعلها دارون بشكل صحيح؟: مقالات عن الألعاب، «الجنس والتطور» عام ١٩٨٨، و«الوراثة المتطورة» عام ١٩٨٩، و«الانتقالات الكبرى فى التطور» مشاركة مع آخرين عام ١٩٩٧، و«أصول الحياة: منذ ميلاد الحياة إلى أصل اللغة» مع آخر عام ١٩٩٩، ومع آخر أيضًا ألَّفا كتاب «إشارات الحيوانات» عام ٢٠٠٣.

- **چول فيرن (١٨٢٨-١٩٠٥) Jules Gabriel Verne:**

- روائى فرنسى تألقت شهرته بسبب روايات الخيال العلمى الباهرة التى أبدعها وطوّفت إلى آفاق عالمية، والذى كان من الرواد فيها مثل: «رحلة إلى مركز الأرض» و «٢٠ ألف فرسخ تحت الماء» و «حول العالم فى ٨٠ يومًا» والتى تحولت إلى أفلام سينمائية ذائعة الصيت، والتى حومت فى الفضاء وتحت الماء قبل ظهور الغواصات وسفن الفضاء، وهو بذلك يُعتبر ثالث من ترجمت أعمالهم إلى غير اللغة الأصلية فى العالم.

- بعد انتهاء دراسته فى «الليسيه» بدأ الحياة العملية ببعض الأعمال اليدوية وكتابة مقدمات بعض الأوبريتات، كما أنتج عددًا من حكايات الرحلات والمغامرات المسرفة فى تهورها، ولكن بمضمون يمكن أن يكون صحيحًا، وذلك لمسرح الأسرة بفرنسا، وعندما اكتشف والده أنه يعمل بالكتابة، عوضًا عن دراسة القانون قطع عنه النقود.

- تقابل فيرن مع ألكسندر ديماس الأب وفيكتور هيجو، اللذين زوداه بنصائحهما فى الأدب، وكانت أولى رواياته مع الناشر الفرنسى الشهير بيير هيتزل بعنوان: «خمسة أسابيع فى بالون» وتوالت بعدها أعماله، والتى برزت بينها ما أشير إليه فى الصدر من هذا التعريف.

- وفى أيامه الأخيرة كتب رواية بعنوان: «باريس فى القرن العشرين» تخيل فيها شخصًا يعيش فى أغلب ما نراه الآن من تقدم وثورة فى الاتصالات والمعلوماتية، ولكنه يفشل فى العثور على السعادة وينتهى به الحال إلى موقف مأساوى، ورأى الناشر أنها مفرطة التشاؤم واقترح تأجيل نشرها، فأودعها المؤلف فى خزانة، ليكتشفها حفيده عام ١٩٨٩، وليتم نشرها عام ١٩٩٤ بعد وفاته بما يقرب من قرن من الزمان.

- **چون س. رايت John C. Wright:**

- مؤلف لروايات الخيال والخيال العلمى، وحاصل على جائزة نيبولا Nebula من أجل روايته المعنونة: «يتامى الهيولى» "Orphans of Chaos"، ثم بعدها أصدر رواية: «العصر الذهبى» "The Golden Age".

- **چون باركز John H. Parkes:**

- خبير مفرقعات كان من المبرزين فى تحقيق واقعة سقوط طائرة بان آم ١٠٣ فوق لوكيربى بإسكتلندا فى ١٩٨٨/١٢/٢١.

- عارض وجهة النظر الرسمية فى الحادث، بأنه نجم عن كمية صغيرة من المفرقعات البلاستيكية تم وضعها مـــع الملابـــس فـــى إحـــدى الحقائـــب المحفوظة بإحدى حاويات الأمتعة بالطائرة.

- عوضًا عن ذلك ارتأى أن الذخائر غير المشروعة تلك والتى حُمِّلت علـــى الطائرة إما تم تفجيرها عمدًا أو بالمصادفة عبر الترددات الإشعاعية وقـــد تمثل الادعاء بهذا المنظور أثناء المحاكمة الشهيرة التـــى أجريـــت عـــن الحادث.

- **چون جاكوب بيرزيليوس (١٧٧٩-١٨٤٨) Jöns Jakob Berzelius:**

- كيميائى سويدى، ابتدع تصنيفًا حديثًا للعناصر الكيميائية، والتى لـــم يـــزل معمول به حتى الآن، ولذا يعتبر مع كل مـــن جـــون دالتـــون وأنطـــوان لافوازييه وروبرت بويل كآباء للكيمياء الحديثة.

- بعد قليل من تعيينـــه أســـتاذًا للكيميـــاء والـــصيدلة بمعهـــد كارولينـــسكا **Karolinska** عام ١٨٠٧ أدار تجارب لدعم كتاب جامعى أصدره لطلبته، اكتشف فيه قانون التجزىء الدائم، والذى أظهر أن العناصر غيـــر الحيـــة تحتوى على عوامل مختلفة فى حالة تجزيئية كاملة مـــن حيـــث الـــوزن، وتأسيسًا على ذلك أنشأ قائمة من العناصر الكيميائية ضـــمت الأكـــسجين وجميع العناصر المعروفة آنذاك، وبأوزانها الذرية القائمة. وهى القائمـــة التى أضاءت، بل أضافت دليلاً جديدًا لصالح النظرية الذرية.

- ولدعم تلك التجارب أبدع أسلوبًا رمزيًا للتعامل مع المصطلحات الكيميائية مثل **O** للأكسجين، و **Fe** للحديد... إلخ، مزودًا تلـــك الرمـــوز بأوزانهـــا الذرية، وهو ما ظل يعمل به حتى اليوم – ومن ناحيـــة أخـــرى انتحـــل مصطلحات مثل «المحفز» **catalysis** و «البلمرة» **Polymer** و «التأصل» **allotrope** وغيرها، وإن كانت تختلف حاليًا على نحو درامـــاتيكى عـــن مضامينها آنذاك.

- ومن مآثره أيضًا ما اتصل بالمجال البيولوجي بتمييزه بين المحتوى البيولوجي المتضمن للكربون وغيرها من محتوى العناصر غير الحية.

- **چون بويد دنلوب (١٨٤٠-١٩٢١) John Boyd Dunlop:**

- إسكتلندى ابتكر وأسس شركة إطارات المطاط والتي تحمل اسمه «إطارات دنلوب».

- كان قد تلقى علومًا ليصبح طبيبًا بيطريًا، وهي المهنة التي مارسها بعد تخرجه في الجامعة لمدة عشر سنوات تقريبًا. انتقل بعدها إلى بلفاست في إيرلندا عام ١٨٦٧.

- وفي عام ١٨٨٧ مارس عمليًا وضع إطار هوائي (أو قابل للنفخ) لدراجة ابنه، وحصل على براءة اختراع لها ولكنه أُخطر رسميًا بأن الفكرة غير صالحة، باعتبار أن مبتكرًا آخر كان قد قدم الفكرة ذاتها في فرنسا عام ١٨٤٦، وفي الولايات المتحدة أيضًا بعدها بعام. ولأنه حمل معه في مستقره الجديد خبرته البيطرية فقد تعيّش منها.

- واقع الأمر أن الإنتاج التجاري لشركته قبل العام ١٨٩٠ كان وافرًا، ومع ذلك لم يحقق ثروة حقيقية أثناء حياته.

- **چون هورتون كونواى John Horton Conway:**

- (ولد في ديسمبر ١٩٣٧-٠٠٠).

- رياضي إنجليزي يعتبر من الناشطين في مجال المجموعات الرياضية النهائية ونظرية التعقيد الرياضي، ونظرية الأعداد، ونظرية الألعاب، ونظرية التشفير، وهو أيضًا من دعاة إعادة إبداع الرياضيات، ويعرف بابتكاره «لعبة الحياة»، (والمتصلة بالنسيج الخلوى الأوتوماتيكي: **cellular automaton**).

- من بين الرياضيين الهواة يُعرف على مدى واسع بمساهماته فـــي نظريــة توحيد الألعاب، والتى طورها مع آخرين، وابتكر فكـــرة «التبـــرعم» أو النمو السريع، حيث طور تحاليل مطولة ومفصلة لكثيـــر مـــن الألعـــاب والمتاهات.

- كما ابتكر نظامًا جديدًا للأعداد والأرقام المتسلسلة التى تتصل عن قـــرب، وأيضًا ابتكر مصطلحات ورموزًا جديدة للأرقام المفرطة أو الفائقة العـــدد والتصنيف.

- وكما كان أول من ألف «أطلس المجموعات المنتهيـــة» **Atlas of Finite Groups**، كما أبدع وسيلة لحساب ما الذى يمثله تاريخ أى يوم من أيـــام الأسبوع، بحيث يمكن لأى مبتدئ فى الرياضة أن يجريها فى عقلـــه مـــن فرط بساطة هذه الوسيلة.

- ومع سيمون كوش (رياضى آخر بالجامعة نفـــسها، التـــى يعمـــل بهـــا: «برينسيتون»)، أثبتا نظرية الإرادة الحرة **Free will theory**، وهى الرؤية المروعة فى المتغيرات غير المُخفاة لميكانيكا الكم، والتى يعبّر هو عنهـــا بـــ: «إذا كانت لمن يقيمون التجارب إرادة حرة، فكذلك تكـــون مختلـــف العناصر» والتى تقرر أنه فى ظل ظروف معينة إذا كانت للقائم بالتجربـــة حرية اختيار الكميات التى سيقوم بقياسها فى تجربة معينة، فإنه من المحتم أن تكون العناصر المبدئية حرة فى اختيار حركتهـــا المغزليـــة لتـــصبح متوافقة مع القانون الفيزيائى.

- وهو أيضًا المؤلف المشارك لمجموعـــة مـــن الكتـــب بخـــلاف «أطلـــس المجموعات النهائية» هى: «الجبر العادى والماكينات النهائية» و«مجـــال الحزم أو الرزم» و«الشبكات والمجموعات» و«حول الأرقام والألعـــاب: المباريات» و«إحراز طرق لألعابـــك الرياضـــية» و«كتـــاب الأرقـــام» و«الرباعيات والثمانيات» و«كتاب الزاوية».

- چيمس هوتن (١٧٢٦-١٧٩٧) **James Hutton**:

- جيولوجي وطبيعي وكيميائي إسكتلندي، وله إسهامات في التجريب الحقلي، كما يعتبر من آباء الجيولوجيا الحديثة.

- تعلم في المدرسة العليا وتدرب على ممارسة الطب والمحاماة في آن معًا ولكنه انجذب لعلم الجيولوجيا الناشئ حديثًا، ورغم عمله الفعلي وهو في سن الثلاثين والأربعين في التجريب الحقلي، فقد لاحظ حوله كثيرًا من التشكلات الصخرية ووضع ملاحظاته حول ما شاهده، وعندما درس بجامعة أدنبرة خلال فترة النضال من أجل التنوير التقى عدة عقول مستنيرة، مثل چوزيف بلاك وچون بلايفير، كما أصبح صديقًا دائمًا للفيلسوف داڤيد هيوم.

- وفي منطقة الجبال في الأراضي العليا لإسكتلندا وجد هوتن الجرانيت، مخترقًا الصخور المتحولة والمتبلرة بحيث أصبحت قابلة للانفلاق بسهولة إلى طبقات، وبطريقة تدل على أن الجرانيت يتشكل عبر تجمد الصخور المنصهرة، وليس كما كان البعض يعتقد وقتئذ بأنه جاء نتيجة القوة البالغة للمياه المنحدرة، وبعدها عثر على نماذج مشابهة حتى إن أحدها أطلق عليه اسمه.

- في عام ١٧٨٧ لاحظ وعلق على ما يعرف الآن بـ «اللا تطابق» أو عدم الانسجام» "**Unconformity**"، مرجعًا السبب فيه إلى أنه لا بد من حدوث عدة دورات زمنية احتفظ كل منها بطبقات في قاع البحر ارتفعت من خلال عوامل التعرية والتآكل، ثم هبطت إلى تحت البحر مرة أخرى، وذلك عبر فترات زمنية طويلة، وكانت له في ذلك عبارة طريفة محفورة في ذاكرة المختصين تقول: إننا لم نعثر على قدر ضئيل أو ذرة من البدايات كما لم نعثر على أي مطل على النهاية. **"We find no vestige of a beginning, no prospect of an end"**.

- له مؤلف بعنوان: «نظرية الأرض: بحث في القوانين الملحوظة عن تكون وانحلال وإعادة إحياء الأرض عالميًا»، كما نشر مجلدين عن نظريته تلك (مع إضافات قليلة ولكن مع العديد من الأبحاث المتنوعة كأصل الجرانيت مع نظرته للنظريات البديلة مثل نظريات توماس بورنت وجورج لـويس وغيرهما، وأما المجلد الثالث (الذى اكتمل عام ١٧٩٤)، فقد حمل عنوان: «بحث في مبادئ المعرفة وتقدم السببية والعقل من مجرد الإحساس إلـى حتى العلم والفلسفة» وهو العنوان الدال على محتوى المجلد (يحتوى على ٢١٣٨ صفحة).

- **چيوتو دى بوندون Giotto di Bondone:**

- ويعرف بشكل مبسط كـ: چيوتو، ويعتقد أنه عاش في الفترة مـن عـام ١٢٦٧ إلى ١٣٣٧، بعد ميلاده بفلورنسا بإيطاليا وعمل كمهندس معمارى ورسام، يعزى إليه أنه الأول في رهط الرسامين العظام الذين ساهموا في عصر النهضة الإيطالى، حتى إنه كتب عنه: «قيامه بالقطع الحاسـم مـع النموذج البيزنطى القديم، وإحياؤه الرسم كفن، وكما نعرفه اليـوم، منتجًـا تقنية الرسم الدقيق من الحياة، والذى تم إغفاله على مـدى قـرنين مـن الزمان»، ومن بين أبرز أعماله قيامه بأداء الرسوم الداخليـة للكنيـسة المعـروفة باسم **"The Scorvegni Chapel"** بمدينة بادوا **Padua**.

- **چيوفانى شياباريللى (١٨٣٥-١٩١٠) Giovanni Schiaparelli:**

- فلكى إيطالى عمل لأكثر من أربعين عامًا في مرصد بريرا **"Brera"**.

- عكف على ملاحظة الكواكب في النظام الشمسى، وبعد الملاحظة لكوكـب المريخ راح يطلق الأسماء على البحور والقارات.

- وبدءًا من عام ١٨٧٧ اعتقد أنه لاحظ سمات مستقيمة في المريخ ! سماها بالإيطالية **canali** بمعنى مجارى أنهار **channels**، ولكنها ترجمت علـى

سبيل الخطأ إلى canals بمعنى قنوات جرى شقها. وبعد عدة عقـود مـن السنين تبين أن ما رآه كان مجرد وهم بصرى.

- يعتبر أول من أعلن عن الآثار النيزكية التـى تحمـل اسـمى Perseid, Leonid لهما علاقة بالمذنبات.

- حصل على عدد من الجوائز العملية، كما تم تشريفه بإطلاق اسمه علـى إحدى الفوهات البركانية على سطح القمر، وفوهة أخـرى علـى سـطح المريخ، إضافة إلى تسمية الحجر النيزكى المصنف رقم ٤٠٦٢ باسمه.

- **دافيد ميتليفيهلدت وشهرته دك David Mittlefehldt (Duck):**

- من بين العلماء المشتغلين بمركز جونسون الفضائى JSC بوكالـة ناسـا، ويقضى كل وقته فى دفع أبحاث عن تشكلات الأحجار النيزكية، ومحاولة إثبات وجود علاقة منطقية بينها وبين المرحلة البـاكرة، لتكـون النظـام الشمسى، ويتركز اهتمامه علـى الأكونـدريت achondrite والأحجـار النيزكية الصخرية المختلطة بالحديد، والتى تعرضت لحمم نارية أدت إلى صهرها، وهى الدراسة التى تقوم على أساس علم الـصخور Petrology وكيمياء الأراضى geochemistry، مستخدمًا تحليلات المسابر الماكرويـة لمقاطع المعادن، وأيضًا التحليلات النيترونية النشطة.

- فى الأصل حصل على الدكتوراه عام ١٩٧٨ فى الكيمياء الأرضـية مـن جامعة أوكلا UCIA، والتى منها بدأ رحلته ومساهماته فى مجال الأحجار النيزكية، إلى أن التحق بوكالة ناسا عام ٢٠٠٠.

- كان أيضًا عضو فريق بحـث ميـدانى عـامى ١٩٩٧ و ٢٠٠١ حـول الأحجار النيزكية بقارة أنتراكتيكا.

- كما كان عضوًا بمجلس تحرير دائرة معارف علوم الأرض التى نشرت عام ١٩٩٦. كما شغل منصب أمين متحف الأحجار النيزكية في ناسا عام ٢٠٠١.

- **دافيد ج. ستيفنسن David J. Stevenson:**

- مولود بنيوزيلندا عام ١٩٤٨.

- يعمل أستاذًا لعلوم الكواكب بجامعة كالتيك **Caltech**، حيث حصل قبلها على الدكتوراه في الفيزياء من جامعة كورنيل **Cornell**، والتى قدم من خلالها نموذجًا لافتًا للنظر عن التشكل الداخلي لكوكب المشترى **Jupiter**.

- يعرف عنه تطبيقه لميكانيكا السوائل وديناميكا المغناطيسية المتطرفة **magnetohydro dynamics** للوقوف على التشكل الداخلى وتطوره فى الكواكب والأقمار.

- تم تشريفه عام ١٩٨٤ بجائزة **H.C.Urey** المقدمة من قسم علوم الكواكب بالجمعية الفلكية الأمريكية، كما أنه عضو بالجمعية الملكية والأكاديمية الوطنية للعلوم.

- **دنكان ستيل Duncan Steel:**

- تلقى دراسته الجامعية فى الفيزياء والفلك، والتى أنهاها عام ١٩٧٧ ثم حصل على الماجستير عام ١٩٧٩ فى البصريات من جامعة لندن، ثم فى عام ١٩٨٤ حصل على الدكتوراه من جامعة كانتربرى بنيوزيلندا حول الدراسات الرادارية عن الظواهر الجوية كالشهب والنيازك، وما تخلفه وراءها من آثار.

- وبعدها انخرط فى عدة أبحاث متنوعة عن الأجسام الصغيرة فى النظام الشمسى من خلال التلسكوبات البصرية والنظم الرادارية والتقنية النظرية من أجل التوصل لدينامية تطورها.

- ثمة روبوت تَسمَّى باسمه فى رواية س. كلارك الشهيرة بعنوان: «مطرقة الله» كما أُطلق اسمه على أحد الكويكبات المرقوم ٤٧١٣، وكل ذلك من قبيل التشريف لمساهماته العلمية.

- عمل لفترة مستشارًا علميًا فى ناسا **NASA** وإيزا **ESA**، ومستشارًا لبرنامج وثائقى تليفزيونى، حصد جائزة إيمى **Emmy** للتليفزيون، كما أن له حتى الآن أربعة كتب عامة معروفه للجميع: «الهدف هو الأرض» عام ٢٠٠٠، و «ترقيم الزمن: البحث الملحمى لروزنامة متتامة» عام ٢٠٠٠ أيضًا، و«الخسوف: الظاهرة السماوية التى غيرت مجرى التاريخ» عام ٢٠٠١ (نسخة مَزَيدة ومنقحة) عام ٢٠٠١ و«الكويكبات الشاردة ومذنبات يوم الدينونة الشريرة» وهذا الأخير نشر عام ١٩٩٧؛ هذا فضلاً عن ١٣٠ بحثًا علميًا منشورًا والمئات من المقالات، كما يظهر فى عشرات البرامج التليفزيونية والمئات من اللقاءات الإذاعية وجميعها حول العلم، وأيضًا قد يشار إلى أنه كثير التنقل فى حياته بدءًا من موطنه نيوزيلندا، ثم الولايات المتحدة والمملكة المتحدة (إنجلترا) وأستراليا والسويد، فضلاً على زيارته لما يزيد على ٨٠ دولة.

- **رضا غديرى M. Reza Chadiri:**

- كيميائى من أصل إيرانى وإخصائى عالمى فى مجال علوم «النانو» المتعلقة بمتناهيات الصغر، وحصل على الدكتوراه فى الكيمياء من جامعة وسكونسن – ماديسون.

- حصل عام ١٩٩٨ على جائزة فايمان لعمله المبدع فى تشكيل جزىء عبر التنظيم الذاتى، وهى القوة المشابهة أو المماثلة للآلية الموجودة فى الطبيعة، فيما يتعلق بالجزيئات.

- يعمل أستاذًا للكيمياء فى معهد سكريبس **Scripps** للأبحاث.

- كما حصل على عدة جوائز من جهات علمية وبحثية عديدة ذات الصلة بالكيمياء وتقنية النانو (ما يقرب من ثماني جوائز حتى الآن، وتقع فيما بين سنوات ١٨٨١ وعام ٢٠٠١).

- **روجر بنروز (١٩٣١-٠٠٠٠) Rogr Penrose:**

- رياضى إنجليزى مشايع للنسبية، استطاع فى ستينيات القرن الماضى أن يحسب الملامح الأساسية للثقوب السوداء.

- كما أثبت مع ستيفن هوكنج أن الثقوب السوداء تنهار لمستوى المتفردة **singularity** عند نقطة هندسية من الكون تنضغط عندها الكتلة إلى مصير لا نهائى وإلى قيمة صفر.

- وطور أيضًا طريقة لرسم خرائط المناطق الزمكانية، المحيطة بالثقوب السوداء، والتى يمكن بواسطتها للمرء أن يتخيل تأثير الجاذبية على أى مُقترب من هذه البقع.

- حاذ على تشريفات عديدة مثل جائزة آدمز ١٩٦٦، وجائزة دانى هينمان ١٩٧٢، وميدالية الجمعية الملكية للفلك (مع هوكنج) ١٩٧٥.

- **روبرت فولك Robert Folk:**

- مؤلف موسيقى كتب الموسيقى التصويرية لعدة أفلام، فضلاً عن عدد من الكونسرتات الكلاسيكية.

- **روبرت هانفورد Robert Hannford:**

- مولود بأستراليا عام ١٩٤٤.

- فنان تصوير تشكيلى أسترالى برع فى فن البورتريه.

- حصل على جائزة أرشيبالد ثلاث مرات بناء على ترشيح جماهيرى سنوات ٩١، ٩٢، ١٩٩٦.

- ريتشارد زار **Richard Zare**:

- مولود عام ١٩٣٩ بكليفلاند أوهايو بالولايات المتحدة.

- كيميائى أمريكى ويعمل حاليًا أستاذًا للكيمياء بجامعة ستانفورد، وكان قد حصل على الدكتوراه فى الفيزياء والتحليل الكيميائى من جامعة هارفارد، ويشتهر ببحوثه فى كيمياء الليزر وكذا فى مجال التفاعلات الكيميائية على مستوى الجزيئات.

- ألف كتابًا مهمًا بعنوان: «العزم» (كمية التحرك) الزاوى فى النظم الكمية، فضلاً عن عدة كتب أخرى بالمشاركة مع علماء آخرين تدور كلها – بخلاف الأوراق البحثية – عن التفاعلات الكيميائية، سواء الأولية منها أو تلك التى تحدث على مستوى صغير جدًا وكيفية السيطرة عليها بقوة الليزر.

- حصل على ما يقرب من ٢٠ إلى ٢٥ جائزة وتشريفًا متعدد الأصل، والتى تعود إلى الدوائر العلمية الكبرى بخلاف تلك المتعلقة بالكيمياء، وذلك عبر سنوات من ١٩٧٦ حتى ٢٠٠٥.

- ستانلى كيث رونكن (١٩٢٢-١٩٩٥) **Stanley Keith Runcorn**:

- عالم جيوفيزيائى تعود أصوله إلى لانكشير بإنجلترا، وله شهرة عالمية كأحد الرواد العلميين فى الصفائح الأرضية وإنجرافها وتشوهات القشرة الأرضية **plate tectonics**، وكان واحدًا من اثنين لعبا دورًا رئيسيًا فى التحديات التى أثيرت فى منتصف القرن الماضى، بشأن جذور المجال المغناطيسى للأرض، وكذا مصداقية نظرية انجراف القارات.

- حصل على درجات الدكتوراه من جامعات عديدة، ومنذ ١٩٦٥، وهو زميل بالجمعية الملكية العلمية بإنجلترا، كما حصل عام ١٩٨٧ على جائزة من الجمعية الأوروبية للفيزياء الأرضية.

- فضلا عن أن له إحاطة واسعة بمختلف وجـوه القمـر والأرض وأصـل الكواكب، وإلى حتى مماته كان يبحث فى كيفيـة حـدوث المغناطيـسية المنعكسة أو المرتدة.

- وهو فى عمر ٧٣ تقريبًا كان يزور ولاية كاليفورنيـا الأمريكيـة لإلقـاء محاضرات فى جامعتها، ولحضور اللقاء الـسنوى للاتحـاد الأمريكـى للفيزياء الأرضية بسان فرانسسكو (وكان أعزب طوال حياته ويحيا حيـاة مثلية) هاجمه فى مسكنه أحد اللصوص، ووجه له ضـربة علـى رأسـه وبعدها شنقه برباط نايلون، ودافع المتهم عن نفسه بأنه كان يـدافع عـن نفسه بعد محاولة القتيل التحرش به جنسيًا إلا أنه أدين وصدر ضده حكما بالسجن المؤبد (٢٥ عامًا).

- **ستانلى لويد ميلر (١٩٣٠-٢٠٠٧) Stanley Lloyd Miller:**

- كيميائى وبيولوجى أمريكى يُعرف بدراساته وأبحاثه فـى أصـل الحيـاة وبصفة خاصـة بالتجربـة التـى تحمـل اسـمه وآخـر **Miller-Urey experiment** والتى أبرز فيها أنه يمكن إنشاء عناصر بيولوجية من خلال عمليات معملية بسيطة والتى استخدم فيها مشارطات، تمثلت فيمـا كـان يعرف وقتئذ أنها المشارطات التى كانت عليها حال الأرض البدائية.

- بعد حصوله على الدكتوراه فى الكيمياء تنقل فى عدة جامعـات ومعاهـد أبحاث أمريكية إلى أن أصبح أستاذًا للكيمياء بجامعة سان دييجو منذ عـام ١٩٦٨.

- تشارك مع أوراى فى التجربة الرائدة المشار إليها، حيث اعتقد الأخير أن الجو الأرضى البدائى يتشابه مع جو المشترى الحـالى غنـى بالأمونيـا والميثان والهيدروجين، وعند تعريض تلك العناصر لمصدر طاقـة مثـل الأشعة الفوق بنفسجية، فإنها مع الماء يمكن أن تنتج أحماضًا أمينية، والتى

هى ضرورية لتشكيل مادة حية. (مثل هذه الأفكار أثيرت منذ عشرينيات القرن الماضى، ولكنها لقيت معارضة تتلخص فى أن الجو الباكر ذاك، ربما لم يكن فقط مجرد تلك العناصر).

- استمر الاثنان بصبر وأناة فى أبحاثهما على اعتبار أنه ليس ثمة فرق واضح بين إنتاج فيزيائى وآخر عضوى ينتج جزيئات حية، ومن ثم أبرزا أن الجزيئات الحية يمكن أن يتم إنتاجها عبر عمليات فيزيائية بسيطة، ومن ثم فليس مستحيلاً للخطوات الأولى للتوالد التلقائى **abiogenesis** أن يكون قد حدث على هذا النحو فى الأرض البدائية.

- **ستيفن جاى جولد (١٩٤١-٢٠٠٢) Stephen Jay Gould:**

- عالم أحافير أمريكى وبيولوجى يهتم بالتطور، كما كان مؤرخًا للعلوم ومن أشهر المعروفين بالكتب العلمية ذات الشعبية (تبسيط العلوم) من بين أبناء جيله، وهو الذى قضى معظم حياته العملية فى التدريس بجامعة هارفارد، وأيضًا عمله فى المتحف الأمريكى للتاريخ الطبيعى بنيويورك، كما كان وجهًا بارزًا فى مجال العلم وتبسيطه للعامة بمختلف وسائل الميديا.

- مما ذكره عن حياته، وتجدر الإشارة إليه أن والده (وكان كاتب اختزال بإحدى المحاكم) قد أصطحبه وهو بعد فى مرحلة الطفولة إلى متحف التاريخ الطبيعى، وهناك رأى الديناصور لأول مرة من نوع «تيرانوصور ركس» ولم تكن لديه أى فكرة عن وجود مثل هذه الأشياء، ومنذ هذه اللحظة قرر أن يصبح عالم أحاثة (حفريات) ومتابعة التاريخ الطبيعى وهو ما حدث بالفعل.

- بالرغم من نشأته فى منزل يهودى وميال للجدل وأب ماركسى النزعة، فإنه اختلف فى الرؤى السياسية عن والده وأصبح معارضًا بالكلية لكل

أنواع الظلم والقهر، خاصة ما شاهده من علم زائف أو خادع **pseudoscience** في خدمة النازية والاضطهاد العرقى (الجنسانية).

- أصيب عام ١٩٨٢ بنوع من السرطان الذى عادة ما يصيب المتعرضون لمادة الإسبستوس، وبعد سنتين عانى خلالهما، شفى تمامًا منه وكتب عن ذلك عمودًا متواصلاً بالصحف كان يُعدّ ملهمًا بالأمل للمصابين بهذا المرض، رغم أنه أدمن الماريجوانا بهدف تخفيف الألم، والذى اعتبره هو واحدًا من بين أسباب شفائه، ومع ذلك وبعد سنوات، لقى حتفه مبكرًا نسبيًا بسبب نوع من الورم السرطانى يصيب الرئة ويتسرب إلى المخ (وكان هذا بعد حوالى ٢٠ سنة من شفائه السابق).

- وبالنسبة لدوره العلمى فقد أنهى دراسته الجامعية عام ١٩٦٣ بدرجة فى علوم الجيولوجيا، وأثناء دراسته درس أيضًا فى جامعة ليدز بالمملكة المتحدة، وبعدها فى ١٩٦٧ التحق للتدريس بجامعة هارفارد التى بقى فيها حتى مماته والتى ترقى فيها حتى درجة الأستاذية، كما رأس خلال ذلك وحاز على عضوية عدد من الجمعيات العلمية الخاصة بالأحافير أو بدراسة التطور.

- استطاع مع آخر أن ينمى نظرية التطور من خلال عملية متابعة علامات التوازن **Punctuated equilibrium**، بما أشار إلى أن عمليات التغير الإحيائى تتم بسرعة بالنسبة لطول المدة التى تستقر فيها الكائنات العضوية وهو ما اعتبره علماء آخرين نوع من العزف على وتيرة الاختيار الداروينى الذى كان معروفًا من قبل.

- خدم أيضًا الفكر التطورى عبر ملاحظته لوجود فراغ غير مقصود فى عمارة الأقواس لم يتعمده المصمم أصلاً وهى الفُسحة المسماة **spandrel**، وأن مثل ذلك يحدث فى تطور الأحياء، وقد نشر ملخصًا لأفكاره عن التطور قبيل وفاته مباشرة.

- ستيوارت آلان كوفمان Stuart Alan Kauffman:
  - مولود فى الولايات المتحدة عام ١٩٣٩.
  - بيولوجى نظرى أمريكى، وباحث فى «النظم المعقدة» التى من بينها أصل الحياة على الأرض، ويشتهر باقتراحه أن تعقيد النظم البيولوجية والعضوية، ربما نشأ أكثر من خلال التنظيم الذاتى وديناميات التوازن عنها من خلال الاختيار الطبيعى الداروينى.
  - أنهى دراسته الجامعية من دار ماوث عام ١٩٦٠ والماجستير من جامعة أوكسفورد عام ١٩٦٨ وتنقل أستاذًا وباحثًا فى عدة جامعات ومعاهد أبحاث.
  - حا. على شهرته بمشاركته فى معهد سانتا فى (معهد غير ربحى لأبحاث النظم المعقدة) خلال الأعوام من ١٩٨٦ إلى ١٩٩٧، وبسبب عمله هناك على النماذج فى مختلف مجالات البيولوجيا ومنها نظم الحفز الذاتى فى أصل الحياة، وشبكة النظام الجينى فى البيولوجيا المتطورة، ومجالات الصحة البدنية أيضًا.
  - فى عام ١٩٩٦ تحديدًا بدأ فى الارتباط بمجموعة بحث بيولوجية منبثقة عن معهد سانتافى، من أجل شركة ربحية استخدمت منهج النظم المعقدة لحل مشاكل الأعمال، ولكن هذا لم يدم طويلاً. خاصة أن بعض زملائه البيولوجيين العاملين فى نفس مجاله انتقدوا أفكاره فى التنظيم الذاتى والتطور.
  - من بين مؤلفاته «أصول النظام: التنظيم الذاتى والاختيار فى مسألة الاختيار» عام ١٩٩٣، و «فى الوطن عبر الكون» عام ١٩٩٥، و «أبحاث» عام ٢٠٠٠، و «مقدمة للبيولوجيا العامة» عام ٢٠٠٤ وذلك فى كتاب لمجموعة من العلماء بعنوان «التصميم المتحدى: من داروين إلى الدنا «الصادر عام ٢٠٠٤، ومقدمة كتاب لمجموعة

أخرى حملت عنوان: «الوكلاء المستقلون بذاتهم» لكتابهم المعنون: «العلم والحقيقة المطلقة: نظرية الكم، والكونيات، والتعقيد» عام ٢٠٠٤ أيضًا.

- **سول سبيجلمان (١٩١٤-١٩٨٣) Sol Spiegelman:**

- بيولوجى جزيئى أمريكى قدم مساهمة فى تطوير تقنية تهجين الحامض الذرى، وهو ما ساعد على التقدم فى تقنية الدنا.

- أنهى دراسته الجامعية فى الرياضيات فى كلية مدينة نيويورك عام ١٩٣٩ وحصل على الدكتوراه عام ١٩٤٤ من جامعة واشنجطون.

- فى عام ١٩٦٢ طور تقنية سمحت برصد جزيئات الرنا والدنا فى الخلايا، وبعدها واصل أبحاثه فى كيف تشكل الخلايا إنزيمات ودنا ورنا وفيروسات وجزيئات، تعد قاعدة أو أساسًا للسرطان، ويذكر له أنه أعد تجربة من الإنتاج الذاتى للرنا أطلق عليها «وحش سبيجلمان».

- أعد أكثر من ٣٥٠ بحثًا منشورًا فى المجلات العلمية المُحكّمة وحصل على عدد من الجوائز والتشريفات.

- **سيدنى وولتر فوكس (١٩١٢-١٩٩٨) Sidney Walter Fox:**

- بيوكيميائى أمريكى يعتبر مسئولاً عن الاكتشافات الغريبة فى مجال التراكيب ذاتية الحركة **autosynthesis** للخلايا الأولى السابقة زمانيا **protocells**.

- حصل على الدكتوراه من جامعة كالتيك، وعمل مع وتحت إشراف كل من هوج هوفمان، وت.هـ. مورجان، ولينوس بولنج، وأثناء الحرب العالمية الثانية عمل فى عزل فيتامين **A** من أكباد أسماك القرش، والذى ساعد

على تقوية نظر الطيارين مساءً، وفى عام ١٩٤١ أسس معملاً كيمائيًا للبروتين، وبعدها تنقل فى عدة مواقع جامعية مختلفة ومعاهد أبحاث.

- منذ عام ١٩٦٤ بدأ معهد الأبحاث الذى كان منتميًا إليه فى دراسة أول صخور أعادتها بعثة أبوللو الشهيرة من كوكب القمر.

- أكثر أبحاثه شهرة – وإن دار حولها جدل كثير – هو الذى انخرط فى التشكل التلقائى للبناء البروتينى، وحين أظهر أنه فى ظروف معينة يمكن للأحماض الأمينية أن تُولِّد تلقائيًا ببتيدات صغيرة باعتبارها اللبنة الأولى فى تكوين بروتين، وكانت نتائج تجاربه مفهومة وقابلة للتصديق بسبب مضاعفته للمشارطات بطريقة يمكن تصديقها ظاهريًا لما كانت عليه الأرض فى البدايات.

- وبمزيد من العمل كشف عن أن هذه الأحماض الأمينية والببتيدات الصغيرة يمكن تحفيزها لتشكيل مجال غشائى حيوانى أو نباتى سماها **microspheres**، وذهب فى ذلك إلى حد وصفها – تلك التشكلات – بأنها خلايا أولية أى بروتين يمكنه النمو وإعادة الإنتاج، وهى على هذا النحو يمكن أن تكون مرحلة وسيطة مهمة بين العناصر العضوية البسيطة والخلايا الحية المعروفة.

- من كتبه، سواء مستقلاً أو مع آخرين، «مقدمة لكيمياء البروتين» ١٩٦٥، تجارب مشابهة لطبيعة النظم التلقائية للوحدات المورفولوجية (التَشكُلِيّة) القائمة على أساس بروتينى: حول أصول النظم السابقة على الحالة العضوية وجزيئاتها البيوخلوية (النسيج الواقع بين الخلايا) **Matrices** و «أصول السلوك لدى الخلايا الأولية والجزيئات الماكروية: دراسة مقارنة بيوكيميائية وفسيولوجية (علم وظائف الأعضاء)» عام ١٩٨٨ و «بزوغ الحياة: التطور الداروينى من الداخل».

- **سيرجى نيكولايفيتش ڤينوجرادسكى (١٨٥٦-١٩٥٣) Sergei Nikolaievich Winogradsky:**

- ميكروبيولوجى روسى وعالم تربة وبيئة، والذى كان رائــدًا فــى مفهــوم «دورة الحياة» ومكتشف العمليات البيولوجية لأكسدة الأمونيوم من خــلال بعض الجراثيم إلى نيتريت، ثم نترات فى التربة، وكذا أول تشكل عرفــه العلماء للجراثيم التى تنمو ذاتيًا عبر تغذية كيميائية.

- فى بداية حياته تعلم الموسيقى، ولكنه اتجه لدراسة الكيمياء وعلوم النبــات بجامعة سانت بطرسبرج، والتى حصل منها على ماجــستير فــى علــم النبات، وبعدها بدأ عمله كباحث فى مجال الباكتيريا التــى تتغــذى علــى الكبريت، واكتشف أنواع الجراثيم التى تحول الأمونيا إلــى نيتريــت ثــم نترات فى النهاية، كما تعرف على العضويات اللا هوائية وهى نوع مــن الجراثيم العضوية وبعضها غير حيوانى، وتضخ إفــرازات تــؤدى إلــى تسممات خطيرة وهى من النوع المسخر لأسلوب وحيد فى الحياة ولكنهــا قادرة على إضافة النيتروجين فى الجو.

- تقلد عدة مناصب جامعية وبحثية وزمالة ورئاسة جمعيات تتعلق بمجالــه البحثى وعددًا من التشريفات، باعتباره أول من غير المفاهيم، من حيث إن بعض الجراثيم تستقى الطاقة من خلال عدد من المكونات غير العــضوية وتحصل على الكربون فى شكل ثانى أكسيد الكربون، بعد أن كان معتقــدًا قبلها من أن مصدرها فى ذلك هو الضوء، وباعتباره أول من حاول فهــم عالم الميكروب خارج المشارطات الطبية وإنما من خلال البيئة المحيطــة بها.

- **سيدنى برينر Sidney Brenner:**

- مولود بجنوب أفريقيا عام ١٩٢٧ (من أسرة مهاجرة يرجع فيها والديه إلى «لاتفيا»).

- بيولوجى حائز على جائزة نوبل فى الفسيولوجى، أجرى عدة مساهمات تعتبر بذورًا لبزوغ البيولوجيا الجزيئية فى ستينيات القرن الماضى، والتى شملت تعريف الرنا المرسال، وتفسير الطبيعة الثلاثية لشفرة البروتين من خلال تجربة برينر وآخر معه عام ١٩٦١ حيث اكتشفا معًا دورة التغيير الإحيائى التى كانت بدورها بذرة مبكرة لإيضاح الشفرة الخاصة بالجينات.

- عمد بعد ذلك إلى إلقاء الضوء على كائن عضوى صغير هو الدودة الخيطية أو السلكية المستديرة كنموذج تجرى عليه أبحاث تطور «الحيوانات» بما فيها التطور العصبى أو الظهرى، والتى اعتبرها المجال الصحيح الذى يؤدى إلى موضوعات البحث الصحيحة فى هذا الميدان، حتى إنه عنون كلمته التى ألقاها بمناسبة حصوله وآخرين على جائزة نوبل بـ: «هدية الطبيعة للعلم».

- أسس برنر المعهد المعروف باسم «معهد علوم الجزيئات» والذى شارك أنشطة معاهد متعددة لها علاقة بالمجال.

- له فكرة تتعلق بما سماه الخطة الأوروبية والخطة الأمريكية ووفقًا للأولى (وأحيانًا ما يشار إليها بالخطة البريطانية)، فإن وظائف الخلايا تتحد عبر أصول الخلايا أو الخلايا السالفة لها، بمعنى أن الخلايا (الأم) سوف تنشئ خلايا (مولودة لها) بنفس الوظائف، بينما وفقًا للخطة الأمريكية، فإن خلايا المخ تتحدد عبر الخلايا المجاورة لها بعد تمام هجرتها إلى موقعها الحالى، بمعنى أنه لو خلية ما هاجرت إلى موقع عصبى يتعلق بالرؤية (على سبيل المثال)، فإنها ستتكيف لتقوم بنفس الوظيفة، وبالمثل لو انتقلت إلى موقع يتعلق بالسمع وهكذا، وبصرف النظر عن الأصل الجينى لتلك الخلايا الأم.

- ستيفن روز Steven Rose:

- مولود بلندن في المملكة المتحدة عام ١٩٣٨.
- يعمل أستاذًا للبيولوجي وعلوم الأعصاب بالجامعة المفتوحة بإنجلترا وأيضًا بجامعة لندن، وسبق له أن درس الكيمياء العضوية في جامعة كامبردج، ثم علوم الأعصاب بالجامعة نفسها، ومعهد علوم النفس بكنجز كوليدج بلندن – وتتركز أبحاثه على العمليات العضوية المتعلقة بالذاكرة وتشكلاتها ومعالجات مرض «الزيهايمر».
- ألف عدة كتب علمية لتبسيط العلوم للعامة كما يكتب عمودًا دائمًا في جريدة الجارديان البريطانية، وفي الفترة من ١٩٩٩ حتى ٢٠٠٢ ألقى محاضرات كأستاذ في علوم الفسيولوجي بكلية جريشام **Gresham**.
- ويكتسب شهرة من مواقفه – إلى جانب العلم – الخاصة ببعض الموضوعات السياسية، منها دعمه أكاديمية المقاطعة الإسرائيلية ووصفه نفسه بأنه مُعادٍ للصهيونية **anti-Zionist**، ويعتبر أيضًا من الداعمين المنضمين للمؤسسة الإنسانية البريطانية.
- كما أنه من الناقدين الكبار لعلوم نفس التطور والتكيف وكتب في ذلك عدة كتب على رأسها الكتاب المعنون: «نهاية المسكين داروين: مناقشات ضد سيكلوجية التطور» **Alas Poor Darwin: arguments against evolulionary psychology**.

- سيسيفوس Sisyphus:

- كان سيسيفوس ابنًا للملك إيلوس ووالدته هي إيناريت **Enarete** والمؤسس والملك الأول لـ: إيفيريا (كورنثة)، وكان سيسيفوس مشجعًا لأعمال البحر والتجارة، ولكنه في الوقت نفسه كان مخاتلاً وجشعًا بحسب اكتناز

المال، كما انتهك قواعد الضيافة بقتله المسافرين والـضيوف، باعتبـاره عملاً، مظهرًا قوته واعتلاءه القمة، ووصفه هومر بأنه من أكثر الرجـال مكرًا: فقد إغتصب ابنة عمه واغتصب العرش من أخيه، وأيـضًا خـان زيوس **Zeus** كبير الآلهة (خاصة في واقعة اغتصابه لإيجينا **Aegina** ابنة إله النهر)، الذى أمر بعدها بتقييده بالسلاسل ولكن سيسيفوس تماكر علـى الحارس بأن طلب منه أن يُريه كيف تعمل هذه القيود، وبهـذه الطريقـة حرر نفسه وأصبحت بذلك مملكة الموت، معطلة عن العمل، ولكن أعيـد القبض عليه وإرساله لمملكة الموت، إلا أنه قبل ذلك أسّر لزوجته ألا تقوم بعد موته بإجراء التضحية المألوفة في مثل هذه الحـالات، وهنـاك فـى مملكة «ما تحت الأرض» اشتكى للملكة بأن زوجته قد أهملته وطلب لـه السماح بعودته للأرض لمطالبتها بالقيام بواجبها، وبعد عودتـه لكورنثـة رفض العودة لتحت الأرض، وفى النهاية اسـتطاع هرمـز **Hermes** أن يعيده إليها.

- **شاندرا ويكراماسنجى (١٩٣٩–٠٠٠) Chandra Wickramasinghe:**

- مولود بسرى لانكا ويعمل أستاذًا للرياضـة التطبيقيـة والفلـك بجامعـة كارديف، ورئيسًا لمركز كارديف لبيولوجيا الفلـك (الفـضاء)، ويعـيش بكارديف وويلز والمملكة المتحـدة، وحاصـل إلـى جانـب الـدكتوراه التخصصية على دكتوراه العلوم أيضًا.

- كان تلميذًا لـ: فريد هويل، ويعتبر عملهما المشترك فـى مجـال طيـف الأشعة دون الحمراء وطيفها فى نطاق البذور البين كوكبية، هـو الـذى طور النظرية الحـديثة المتعلقـة بـ: البانسبيرميا (الديدان أو البذور فى كل مكان)، وهى النظرية التى تقترح أن الغبار فى الفضاء البين كـوكبى، يعتبر عضويًا بشكل جزىء، وأن الحياة على الأرض قـد تلقحـت مـن الفضاء أكثر من كونها ظهرت كنتيجة للتولد التلقائى.

- يرى أن عمله يتركز بصفة أساسية حول تطوير وسائل لترصد الحياة في الفضاء، وبأنه لعب دورًا في ميلاد علم بيولوجيا الفلك.

- وهو بالفعل من أشهر الرواد عالميًا في خبرة المواد البين كوكبية وموضوع أصل الحياة، بمساهماته الكبيرة في كل من المجال عبر نشره أكثر من ٣٥٠ بحثًا علميًا في المجلات المُحكَّمة، فضلاً عن تأليفه ومشاركته في أكثر من ٢٥ كتابًا في المجال ذاته. وكان أول من قال بنظرية: إن الغبار البين كوكبي يعتبر عضويًا في غالبيته، وليس جزيئيا كما تقول نظرية «اليانسبيرميا»، وهي النظرية التي أصبحت مقبولة الآن على مستوى عريض.

- من بين الكتب التي شارك في تأليفها مع فريد هويل وآخرين «العدد الزائد للمجرات في الكون – نظرة بديلة» و «أصل الحياة في الكون» و «الكون والحياة الأبدية» و «مكاننا في الكون – إنها جاءت من الفضاء ولا تزال تجيء».

- حصل على تكريمات وجوائز علمية من بعض الجامعات، وأحدها كان مشاركًا فيها مع فريد هويل.

- في ٢٠٠٣/٥/٢٤ نشر خطابًا ممهورًا بتوقيعه واثنين آخرين، اقترح فيه أن الفيروس المسمى «سارس» **SARS** ربما يكون قادمًا من الفضاء البين كوكبي، حيث يمكن أن تقع واقعة ما في الفضاء، يهبط بسببها عدد مؤقت من هذه الفيروسات على الجبال المطوقة للهملايا عندما ترقد طبقة الهواء، وتتبعها عدة دفعات من الفيروس نفسه على المناطق المجاورة – وهو الخطاب الذي كان محلاً لإعلام مكثف على رأسه محطة: بي. بي. سي ومجلة ناشيونال جيوغرافيك.

- سير فريدهويل (١٩١٥-٢٠٠١) **Sir Fred Hoyle** :

- رياضى فلكى إنجليزى من المناصرين الأشداء لنظرية حالة الثبات فى الكون وحصل على رتبة فارس (سير) فى عام ١٩٧٢، ويعتبر من كتاب الخيال العلمى اللامعين (مقالات ومسرحيات وقصص قصيرة).

- حاول المشاركة مع الفلكى توماس جولد والرياضى هيرمان بوندى من خلال نظرية أينشتاين عن النسبية فى تشيكل أساس رياضى لحالة الثبات هذه، والقائلة بأن الكون رغم تمدده، فإن المادة تتخلق باستمرار، لتبقى على درجة الكثافة الأولى، أى أنهم جعلوا التمدد فى الكون وخلق المادة متداخلين.

- فى خمسينيات القرن الفائت وأوائل ستينياته برزت ملاحظات جديدة عن المجرات البعيدة وعَمَّت نظرية الانفجار الكبير، وأضعفت «حالة الثبات» مما اضطره لتغيير بعض نتائجه، حتى تكون نظريته متماسكة.

- من بين كتبه «طبيعة الكون» ١٩٥١، «حدود علم الفلك» ١٩٥٥، «الفلك والكونية» ١٩٧٥، «أوجه الكون» ١٩٧٧، «الثلج» ١٩٨١.

- فرانسيس كريك (١٩١٦-٢٠٠٤) **Francis Crick**:

- فيزيائى إنجليزى وعالم فى الجزيئات العضوية، وعلم المخ والأعصاب، ومن أكثر ما يعرف به هو لكتشافه عام ١٩٥٣ مع كل من جيمس واتسون وموريس ويلكنج لأبنية جزىء الدنا، والذى حصلوا ثلاثتهم من أجله على جائزة نوبل فى الفسيولوجى «من أجل اكتشافهم المتعلق ببناء جزىء الأحماض النووية وأهمية ذلك لنقل المعلومات داخل المواد الحية».

- ويعرف أيضًا باستخدامه مصطلح «المبدأ المركزى» **central dogma**، ملخصًا به فكرة أن تدفق المعلومات الوراثية فى الخلايا هو بالضرورة

تدفق ذو اتجاه واحد من الدنا إلى الرنا إلى البروتين، ولقد لعب دورًا مهمًا فى الكشف عن الشيفرة الوراثية.

- تركزت أبحاثه المتأخرة فى علم الأعصاب النظرى، محـاولاً أن يحـدث تقدمًا فى دراسة «الوعى» البشرى وظل كذلك إلى أن وافته المنية وهـو يحرر بحثًا فى هذا المجال، ولذا حاز على وصف «عالم حتى النهاية».

- ويعرف عنه – بعد عدة محاولات فيزيائية قبل وبعد الحرب العالمية الثانية – انعطافه للبيولوجيا واهتمامه البالغ بمشكلتين رئيسيتين، الأولـى كيـف تنقل الجزيئات من الحالة غير الحية إلى الحالة الحية، والثانية تتعلق بكيفية صناعة الدماغ (المخ) للوعى البشرى.

- **فريمان دايسون (١٩٢٣–....) Freeman Dyson:**

- فيزيائى إنجليزى المولد أمريكى الجنسية، ورياضى ومُنظِّر تعتمد شـهرته على أعماله وسلسلة تنظير المستقبليات والخيال العلمى، ومن بينها البحث عن الذكاء فى الفضاء الخارجى، ويعد مناصرًا للوطنية أيًا كانت ولفكـرة عدم التسلح الذرى، والتعاون الدولى.

- عمل محللاً للجيش فى الحرب العالمية الثانية، وبعد الحرب حصل علـى الماجستير من كامبريدج، وبعدها انتقل للولايات المتحـدة حيـث نُـصِّب أستاذًا للفيزياء من دون الدكتوراه بجامعة كورنل، إلى جوار منصب آخر فى معهد الدراسات المتقدمة فى برنسيتون.

- أصبح معروفًا عام ١٩٤٩ بمعادلته عن التشكل الميكانيكى الكمى الموجود آنئذ: «الطريق التكاملى المتمم للتشكل» الذى ابتدعه ريتـشارد فايمـان، وفكرة «المُشغِّل» التى طورها جوليان شوينجر وس. إيتـرور. وكمنـتج ثانوى كان اختراعه لما يعرف بـ: «متتابعات دايسون».

- ومن أعماله اللامعة أنه فى عام ١٩٦٦ بالمشاركة مع أ. لينارد (ومستقلين عن إليوت ليب ووالتر ثيرنج)، استطاعا أن يثبتا بصرامة أن مبدأ الإقصاء أو الاستبعاد يلعب دورًا رئيسيًا فى استقرارية المواد ذات الجسوم الكبيرة، ومن ثم فليست نبضات الجاذبية الإليكترونية بين الإليكترون والجزىء هى المسئولة عن بقاء كتلتين من الخشب موضوعتين فوق بعضهما البعض دون أن يلتحما فى كتلة واحدة، ولكن مبدأ الاستبعاد هو الذى يسمح للإليكترونات والبروتينات بتوليد القوة العادية التقليدية. وفى فيزياء المواد المكثفة قام بدراسات حول طور الانتقال فى نموذج إيزينج **Ising** فى بعد واحد وعبر الموجات الحلزونية.

- ومما يشار إليه قيام دايسون بالعمل على موضوعات متفرقة فى الرياضة والتوبولى والتحليل، ونظرية الأرقام والمنشأ العشوائى للأشياء، كما اشتغل على ما يعرف بمشروع أوريون **Orion** الذى اقترح إمكانية استخدام مركبة فضائية لقوة تسيير تعتمد على الخفقان الذرى، باعتبار أن ما يجرى العمل عليه يقوم على المتفجرات التقليدية، وحال دون المضى فى الاقتراح بتحريم الأسلحة الذرية فى الفضاء.

- **فردريش ووهلر (١٨٠٠-١٨٨٢) Friedrich Wöhler:**

- كيميائى ألمانى، ومن أكثر ما اُشتهر به هو فروضه حول اليوريا **Urea** (المادة المتبلرة فى البول)، وعزله لعدة معاملات أخرى، كما يعد طليعيًا فى مجال الكيمياء العضوية.

- كان من المعتقد أن العناصر العضوية لا تتشكل إلا بتأثير القوة الحيوية فى أجسام الحيوانات (والسيتوبلازم النباتى) ولكنه أثبت أنه بواسطة ترتيبات اصطناعية يمكن استخلاص اليوريا فى المعمل من مواد غير حية. وبإظهاره أن سيانيد الأمونيا يمكن أن يصبح يوريا بإجراء عدة ترتيبات

داخلية فى ذراته دون جنى أو خسارة أى شيء فى وزنه فقد أسس واحدًا من الأمثلة الأكثر جودة على الأيسومرية "Isomerism" (التجازئية) وما حيا بذلك النظرة القديمة بأن التركيب المتساوى لا يمكن أن يتواجد معًا فى جسمين مختلفين.

- وتعددت أعماله فى المجال الكيميائى حتى إن نتائج بحثه المشار إليه وُصف عند نشره وفى تقرير مقدم للأكاديمية الملكية السويدية للعلوم بأنه أحسن بحوث العام فى مجلات الفيزياء والكيمياء وعلم المعادن جميعًا، وبالتالى يمكن تصور مدى تأثيرات ذلك فى العلوم الأخرى كالفلك وتشكلات الصخور والأحافير والبحث عن الحياة فى الكواكب الأخرى.

- ومما يشار إليه أيضًا أن تأثيره على الكيمياء كان بالغًا حتى إن المجلة العلمية السنوية ظلت على مدى من ١٨٢٠-١٨٨١ تشتمل سنويًا على أبحاث ومساهمات منسوبة إليه، كما كان له عدد من التلاميذ الذين أصبحوا بين الأسماء اللامعة فى الكيمياء.

- **فيثاغورث (حوالى ٥٨٠-إلى حوالى ٥٠٠ قبل الميلاد) Pythagoras:**

- فيلسوف ورياضى يونانى عُرف بتأسيسه جمعية الأخوة الفيثاغوريين، والتى كانت فى البداية تستهدف الإصلاح الأخلاقى، إلا أنها شكلت مبادئ أثرت فى أفكار أفلاطون وأرسطو وساهمت فى تطوير الرياضيات والفلسفة الغربية العقلانية وذلك فى حوالى ٥٢٥ قبل الميلاد.

- من أهم مبادئ هذه الجمعية: البحث لأقصى عمق عن الحقيقة باعتبارها ذات طابع رياضى – يمكن استخدام الفلسفة للنقاء الروحى – الروح يمكن أن تصعد للاتحاد بالمقدس – بعض الرموز لها معنى صوفى – كل الأخوة فى النظام لا بد أن يكونوا أوفياء له ومن بين سُنَنته.

- ولم يبق شيء من كتاباته، ولكن تلامذته أكدوا مذهبهم بالحفاظ عليه وتطبيق تعاليمه وتطويرها، منها مثلاً ما عرف عن نظريته عن المعنى الوظيفى للأعداد فى العالم الموضوعى وفى الموسيقى، وثمة اكتشافات تنسب إليه مثل عدم تناسب الجانب القطرى للمربع، والنظرية الفيثاغورية فى المثلث المتساوى الساقين – إنما الأكثر احتمالاً أن معظم التقليد العقلى يتأصل منذ زمنه لحكمته المشربة بالصوفية أكثر من مساهمته العلمية.

- **كارل ستيتر Karl Stetter:**

- ولد فى يوليو ١٩٤١.

- عالم ميكروبات ألمانى وخبير بحياة الميكروبات تحت درجات الحرارة العالية، بل من أهم العلماء الذين اشتغلوا بهذا المجال، كما أنه من أصحاب التأثير فى مجال علم الحياة العضوية فى الفضاء الفلكى **"Astrobiology"**.

- حصل على الدكتوراه فى موضوع الباكتيريا العصوية المسماة **lactobacilli**، ومنذ عام ١٩٨٠ إلى ٢٠٠٢ كان أستاذًا ورئيسًا لقسم الميكروبات ومركز الأرشيا **Archaea** بجامعة ريجنسبورج، وتركزت معظم أبحاثه على عينات وعزل وتوصيف العضويات الأرشية المعتبرة المجال الثالث للحياة، وبصفة خاصة عاشقات الحرارة غير المكتشفة وقتئذ وهى تلك التى تزدهر فى درجات حرارة بين ٨٠° و١١٣° من الباكتيريا والكائنات الأرشية التى جرت تسميتها فائقة الحب للحرارة **"hyperthermophiles"** أو **"extremophiles"**.

- كان من أهم مكتشفاته نوعٌ من الميكروبات الآرشية التى تعتبر أصغر كائن جينى معروف على الأرض، وذلك فى العام ٢٠٠٢ بالقرب من

إحدى الفوهات المتطرفة الحرارة عند شاطئ أيسلاند **Iceland**، وهى المعروفة باسم **Nanoarchaeum equitant**، وكذا نوع آخر كروى التشكل ومبطن بما يشبه الشعر الكثيف ويسمى علميًا **pyrococcus furiosus**، ويعيش فى نطاق حرارى أيضًا بجزيرة البركان الإيطالية، وغيرها ممن على الشاكلة نفسها.

- حصل على العديد من الميداليات والجوائز والتشريفات العلمية.

- **كارل ووز (١٩٢٨-...) Carl Woese:**

- ميكروبولوجى أمريكى معروف بإنشائه وسيلة للتعرف على الأرشيا **Archaea** (كميدان جديد فى مملكة الحياة)، وذلك عام ١٩٧٧، والتى أصبحت مألوفة فى المعامل حتى يومنا هذا، وفى عام ١٩٦٧ هو الذى وضع تأصيلاً لحدوس عالم الرنا، وإن لم تكن وقتئذ بهذا الاسم.

- وبتلك الطريقة فى تعريف الأرشيا أعاد لفت الانتباه لما فى شجرة الحياة من تصنيفات، وأرسى فكرة التنوع على الصلات الجينية بأكثر من قيامها على علاقات التقارب فى تشكلات الأصناف **morphological similarities**.

- لقد قسَّم الحياة إلى ٢٣ قسمًا، وجميعها ينطوى تحت ثلاثة رئيسية منها، هى: الباكتيريا والأرشيا والإيكوريا، والأرشيا لا هى باكتيريا ولا هى إيكوريا، وإنما تنتمى لما يسمى بروكاريوت التى هى ليست باكتيريا.

- ولقد مرت عملية القبول العام لتقسيماته تلك بنوع من البطء والقسوة معًا، فقد انتقده الكثيرون ومنهم أسماء لها وزنها، وظل ذلك حتى أواسط ثمانينيات القرن الماضى، دون أن يحظى بهذا القبول العام، وإن ظل هو محافظًا على معتقداته.

- ومن ناحية أخرى فقد حدس أن ثمة عصرًا ظلت الجينات فيه تنتقل بين

العضويات الحية، وأن الأنواع لم تتشكل إلا عندما توقفت العضويات عن معاملة الجينات الوافدة إليها من عضويات أخرى بنفس مستوى أهمية جيناتها الأصلية، وعلى هذا – من وجهة نظره – يكون ذلك العصر مسئولاً عن سرعة التطور المبكرة للبناءات العضوية المعقدة.

- ومن المعروف عن ووز أن لأفكاره تطبيقات في مجال البحث عن الحياة فوق كواكب أخرى غير كوكب الأرض.

- **كارل ساجان (١٩٣٤-١٩٩٦) Carl Sagan:**

- فلكي أمريكي قدم نظرة لها قيمتها في فهم أصل الحياة في البيئة البدائية الأرضية، وذلك عندما أعلن عن إنتاج الحامض الأميني في خليط من الميثان والأمونيا والمياه وغاز سلفات الهيدروجين المعالج بالطاقة المشعة عبر موجات طويلة من إشعاعات فوق بنفسجية المصدر.

- أدار مع جيمس بولاك وريتشارد جولد شتين دراسات عن الرادار، أظهرت أن هناك سلسلة من الجبال والمرتفعات فوق كوكب المريخ وأن ثمة خواص معينة وملحوظة تتكون على كوكب الزهرة في مستوى حراري يصل إلى ٧٩٥° فهرنهيت.

- قام بالتعليق على مسلسل تليفزيوني عام ١٩٨٠ بعنوان: «الكون» ومن بين مؤلفاته «الغلاف الجوى لكوكب الزهرة» ١٩٦١، و«الاكتشافات الكوكبية» ١٩٧٠، و«كوكب التنين في جنة عدن»، و«مشاهد من ثورة الذكاء الإنساني» ١٩٧٧، و«مشاهد لرومانسية العلم» ١٩٧٩، و «اتصال» ١٩٨٥، وهذا الأخير قام عليه فيلم سينمائي أمريكي بالعنوان نفسه.

- **كيرت جودل (١٩٠٦-١٩٧٨) Kurt Godel:**

- رياضي ومنطقي أمريكي نمساوي المولد، وصاحب برهان جودل الموسوم باسمه لجدته وألمعيته، والقائل بأنه مع أي نظام منطق رياضي صارم، لا

يمكن البرهنة أو عدم البرهنة على أسئلة أو فرضيات معينة على أساس البدهيات الداخلة في النظام، وبالتالي من غير الثابت أن البدهيات الأساسية القاعدية للحساب لن تسمح بظهور التناقضات، وهو البرهان الذي أصبح من أشهرها في مجال الرياضيات في القرن العشرين بأسره وتستمر المناقشات والتحديات حوله حتى اليوم.

- ظهر هذا البرهان عام ١٩٣١ في مقال بعنوان: «حول اقتراحات عدم التحديد كمبدأ شكلي» في كتاب «مبادئ الرياضيات للأشهرين برتراند رسل وهوايتهد، وهي المقالة التي أنهت قرناً من محاولة تأسيس بدهيات يمكنها أن تعطينا قاعدة صارمة لكل الرياضيات أو معظمها تقريبًا، والتي من بعده أصبحت من الكلاسيكيات بالنسبة للرياضة الحديثة، أعني بعد المحاولة الناجحة التي قدمها جودل والتي أصبحت من المبادئ الراسخة للرياضيات.

- **كريستيان دى دوف (١٩١٧-٠٠٠) Christian de Duve:**

- ولد في إنجلترا لوالدين من المهاجرين البلجيك وتخصص في علم الخلايا "Cytology" والكيمياء الحيوية "Biochemistry"، ومن بين موضوعات أخرى، فقد درس توزيع الإنزيمات في خلايا أكباد الفئران، كما عمل على جزيئات الخلية، متوصلاً في ذلك إلى رؤية في وظيفة بناءات الخلية.

- في عام ١٩٦٠ حصل على جائزة فرانكي "Francqui" للعلوم الطبية والبيولوجية، وفي عام ١٩٧٤ حاز على جائزة نوبل في الفسيولوجي (علم وظائف الأعضاء)، مشاركة مع ألبرت كلود وجورج إى بالاد بسبب تقديمهم وصفًا لبناء والوظيفة العضوية في الخلايا الحية؛ إلا أنه في سنواته الأخيرة أخلص لدراسات «أصل الحياة» التي اعتبرها لا تزال مجالاً عريضًا واجب الانتباه إليه.

- ساهمت أعماله فى ظهور اتفاق جماعى على صحة نظرية التكافل، وهى الفكرة التى اقترحت أن الميتوكوندريا والكلوروبلاست وربما خلايا أخرى من نوع الإيكاريوت، ربما تجذرت فى نوع البروكاريوت المتكامل والتى جاءت لتعيش فى خلايا الإيكاريوت.

- اقترح دى دوف أيضًا أن نوع الـــ «بيرواكسيسوم» **peroxisome** ربمـــا كان أول جنس تكافلى، والذى سمح للخلايا بتحمل نمو الجزيئـــات، بعيـــدًا عن الأكسجين فى جو الأرض، ما دام هذا النوع لا يمتلك دنا خاصة بـــه، إلا أن هذا الاقتراح لم تدعمه أدلة مشابهة للأدلة على دعواه السابقة عـــن الميتوكوندريا أو الكلوروبلاست.

- **كلود شانون (١٩١٦-٢٠٠١) Claude Shannon:**

- فيزيائى أمريكى ورياضى يعرف باهتمامه بـــالجبر البوليـــانى **Boolean** ونظرية المعلومات، حتى إنه يلقب بأبى نظرية المعلومات والتى أســـسها وهو بعد لم يتعد من العمر ٢١ سنة من خلال رسالة ماجـــستير (نـــشرت عام ١٩٣٧)، والتى أظهر فيها بوضوح أن التطبيـــق الكهربـــائى للجبـــر البيوليانى يمكنه أن ينشئ ويحل أى علاقة منطقية عددية، والتى اعتبـــرت أكثر رسائل الماجستير أهمية فى كل العصور (يرجع الجبـــر البوليـــانى ذاك للـــعالم «جورج بول» **George Boole**).

- عام ١٩٤٠ حاز على جائزة نوبل فى مجال «الهندسة الكهربائية».

- تعتبر نظريته تلـــك هـــى الفكـــرة الرئيـــسية وراء الكمبيـــوتر الرقمـــى الإليكترونى، والتى أصبحت واسعة الانتشار خلال الحرب العالمية الثانية، والتى حلت بالفعل محل ما سبقها من أفكار.

- عام ١٩٤٥، ومن خلال اهتمامه بدراسة والتنظير لعملية الـــسيطرة علـــى النيران، أدى مقال له فى الموضوع، مـــشاركًا لآخـــرين إلـــى الانتقـــال

بمضمون المقال وكيفية المعالجة وكيفية الاستفادة من الذكاء إلى ما عرف بعد ذلك بعصر المعلومات، الذى تدعم بمساهمة هؤلاء العلماء (شاركه فى المقال كل من: رالف بيب بلاكمان، وهندريك ويد بود).

- فى عام ١٩٤٨ نشر مقالاً من جزءين بعنوان «النظرية الرياضية للاتصالات» والتى ركز فيها على أنجع وسيلة لتشفير معلومات يريد أن يبعث بها الراسل، وفى هذا المقال التأسيسى استخدم أدوات من نظرية الاحتمالات والتى كانت ناشئة وقتئذ، وفى عام ١٩٤٩ أتبعه بمقال مهم عن «نظرية الاتصالات فى النظم السرية».

- وثمة بحث مشهور له عام ١٩٥١ بعنوان: «التنبؤ وأنطروبيا اللغة الإنجليزية المطبوعة» أثبت فيه أن معاملة المساحة البيضاء من الـ ٢٧ حرفًا هجائيًا، عادة ما تُشرّع عدم اليقين فى كتابة اللغة، وتمدنا برابطة قابلة للتكميم بين ممارسة الثقافة وأرجحية أو احتمالية الإدراك.

- وفى النهاية، وبسبب مداهمة داء «الزيهايمر» لملكاته العقلية، أصبح غير واع بأعاجيب الثورة الرقمية، التى ساهم أصلاً فى تأسيسها.

- **كولن بيلينجر (١٩٤٣-٠٠٠) Collin Pillinger:**

- عالم إنجليزى تَخصَص فى الكوكبيات، وإن كان تعليمه ورسالتى الماجستير والدكتوراه الحاصل عليهما من جامعة ويلز بسوانسى، قد انصبّوا على مجال «الكيمياء» وأيضًا شهادة دكتوراه العلوم الحاصل عليها عام ١٩٨٤، من جامعة بريستول فقد انصبت بدورها على الكيمياء، إلا أن جل حياته تكرست من أجل الكويكبات والأحجار النيزكية وما يتعلق بالفلك، حتى إنه فى الفترة بين عامى ١٩٩٦-٢٠٠٠ كان أستاذًا للفلك بكلية جراهام بمدينة لندن.

- ومما يذكر أنه كان الباحث الرئيسى للمهمة التى حملت اسم بيجل ٢ "Beagle 2" للهبوط على سطح المريخ كجزء من برامج وكالة الفضاء الأوروبية، والتى تُعتبر أنها فشلت بسبب نظام الباراشوت الذى استخدم فيها، وفى محاولة ثانية، والتى كانت من تصميمه أيضًا باءت بذات النتيجة فى مرحلة «الهبوط» على السطح، وتلى ذلك أن تأكد أن نظام الباراشوت ذاك هو الذى يربط بين الحادثتين.

- **لورد كيلفن (ويليام تومسون) (١٨٢٤-١٩٠٧) Lord Kelvin (William Thomson):**

- فيزيائى إسكتلندى ورياضى، استطاع أن يحسب أن حركة الجزيئات تتوقف عند درجة (-٢٧٣°) والتى اسماها: «الصفر المطلق» وهى أقل درجة برودة ممكنة.

- وكذا فهو يعد طليعيًا بالنسبة للديناميكا الحرارية والتى كان فيها أشبه بما يطلق عليه «الطفل المعجزة» حيث قادت دراساته فى هذا الميدان إلى اقتراحه عام ١٨٤٨، وهو لم يزل فى شرح الشباب بوجود مقياس مدرج مطلق لدرجات الحرارة، وهو نفس ما أدى فيما بعد لحصوله على لقب «لورد».

- وهو أيضًا معروف بما يسمى الآن تأثير جولى – تومسون عن انخفاض حرارة غاز يتمدد فى الفراغ وهو التأثير الذى أدى إلى عمل الثلاجات.

- واحد من أوائل مشروعاته، هو حساب عمر الأرض والمعتمد على مستوى برودة الكوكب باعتباره – من وجهة نظره – كان جزءًا من الشمس، والتى قدرها بحوالى مائة مليون سنة (وهو ما يختلف عن التقدير الإشعاعى فى «قلب الأرض» المعمول به حاليًا وهو ٤,٥ بليون سنة)، وحيث لم يكن على دراية بتأثير الحرارة الناجمة عن النشاط.

- اهتم كثيرًا بتطوير الأدوات العلمية، فهو الذى صمم ما يعـرف بالقيـاس الكلفانى والذى استخدم بنجاح فى كابل تبادل البرقيات بين السفن التجارية (وهو ما حقق لـه ثـروة كبيـرة وقتئـذ)، وكـذا البوصـلة البحريـة الجيروسكوبية.

- كان أيضًا أشبه «بالطفل المعجزة» فى الرياضيات، حيث نشر أول بحـث رياضى له فى سن الـ١٦، وأيضًا كان أول من أنـشأ معمـلاً فيزيائيًـا بالجامعة البريطانية، كما أصبح وهو لم يزل فى العشرينيات من عمـره، عضوًا فى الجمعية الملكية العلمية، كما يرجع إليه الفضل فى نحت لفظـة «الطاقة النشطة» = **Kinetic energy**، وأيضًا مساهماته فيما أدى للقانون الثانى للديناميكا الحرارية.

- نُشر له أكثر من ٦٠٠ بحث علمى، ولو أنه عارض بشدة الثورة العلميـة الناشئة وقتها، والتى اختلفت عن العلم الذى عرفه على مدى حياته.

- من أقواله المشهورة: «إذا كنت تستطيع أن تقيس شيئًا تتكلم عنه ويمكنـك أن تعبر عنه بالأرقام، فإنك تكون عرفت شيئًا عنه». وأيضًا مقولتـه: «لا تتخيل أن الرياضيات هى من الأمور الصعبة أو البغيضة المعقدة بالنـسبة للحس العلم، وإنما هى مجرد ترقيق وأثيرية (من أثير) الحس العـام (أى تجعله رقيقًا كالأثير).

- **لليود ڤيرنون هاميلتون (١٨٩١-١٩٣٥) Lloyd Vernon Hamilton:**

- ممثل كوميدى أمريكى ولد فى أوكلاند بولاية كاليفورنيا وتوفى بالولايـة نفسها بمدينة هوليوود.

- كان كوميديانًا كبيرًا من أبطال الـسينما الـصامتة، واعتبـر «كوميـدى الكوميديانات» وهو التعبير الذى أطلقه عليه زمـلاء المهنـة، حتـى إن تشارلى شابلن على تفوقه وشهرته الذائعة وتصدره لفـن الكوميـديا فـى العالم، ذكر عنه أنه الممثل الوحيد الذى يغار منه.

- كان مدمنًا للمشروبات الروحية، واشتهر عنه العنف عندما يصل لدرجة الثمالة، وحدث فى نهاية عشرينيات القرن الماضى أن قتل أحدهم فى مشادة معه ولم يوجه له الاتهام، إلا أن المسئولين عن صناعة الفيلم استبعدوه وحَرّموا عليه التمثيل، ولكنه عاد للعمل فى بداية السينما الناطقة، إلا أن إدمانه قضى عليه مرة أخرى.

- لقى حتفه أثناء إجراء جراحة خاصة بمتاعب فى البطن فى ١٩٣٥/١/١٩.

- **لودفيج إدوارد بولتزمان (١٨٤٤-١٩٠٦) Ludwig Edward Boltzmann:**

- فيزيائى نمساوى يُعرف بمساهماته التأسيسية للميكانيكا الإحصائية والديناميكا الحرارية الإحصائية، وكان من أبرز المتحدثين عن النظرية الذرية فى الوقت الذى كان فيه الحديث عن هذا النموذج العلمى مثارًا للخلاف والجدل.

- حصل على درجة الدكتوراه عن رسالته التى تركزت عن النظرية النشطة للغازات.

- فى يوليو ١٨٧٦ تزوج من أول من حاضرت (فى الرياضيات) بجامعة «جراز» **Graz**، وأنجب منها خمسة أطفال، وعاش حياة سعيدة تولى فيها كرسى الفيزياء التجريبية، والتى أثناءها طور مفهومه الإحصائى عن الطبيعة، وحيث أصبح عضوًا بالأكاديمية النمساوية الإمبراطورية للعلوم ورئيسًا للجامعة نفسها ثم رشح لتولى كرسى الفيزياء النظرية بجامعة فيينا عام ١٨٩٣، وبسبب عدم اتفاقه مع آراء زملائه فى فيينا خاصة إرنست ماخ **Ernst Mach** الذى أصبح أستاذًا للفلسفة وتاريخ العلوم، فقد هجر هذه الجامعة إلى جامعة ليبزج، وبعد تقاعد ماخ لسوء صحته عاد لجامعة فيينا، حيث حاضر فى الفيزياء والفلسفة الطبيعية والتى نجحت محاضراته فيها بشكل كبير.

- عانى بعد ذلك من الاكتئاب المزمن وسرعة الاستثارة والغضب إلى أن مات منتحرًا في النهاية.

- **لويس باستير (١٨٢٢-١٨٩٥) Louis Pasteur:**

- كيميائي فرنسي وإخصائي في مجال الميكروبات، ومعروف على مستوى العالم على ما أحرزه من إنجازات علمية في مجال منع حدوث الأمراض حيث أكدت تجاربه نظرية الأصل الجرثومي للأمراض، والإقلال من ضحايا حمى النفاس (التي تصيب الوالدات حديثًا)، كما أنشأ أول فاكسين (مصل) لما يعرف بداء الكلب، كما يعرف عالميًا بابتكاره عملية البسترة للألبان والأنبذة (والتي تعنى التعقيم الجزئي من خلال حرارة تقتل المتعضيات دون إحداث تغيير جوهري كيميائي في المادة الجاري بسترتها).

- وهو أيضًا أحد ثلاثة أسسوا علم الميكروبات «ميكربولجي» وله عدة اكتشافات في ميدان الكيمياء أكثرها شهرة ما يعرف بلا تناسق أو تماثل الكريستال.

- تم دفنه بعد مماته تحت مبنى معهد باستير في تشريف نادر بفرنسا بخلاف الثلاثمائة العظام المدفونين بالبانثيون **PanthÀÀéon**.

- مما يذكر أنه نشأ في مدينة أربوا **Arbois** الفرنسية والتي حاز فيها بيتًا أقام فيه معمله، والذي أصبح الآن «متحف باستير» وفي عام ١٨٤١ تزوج من ابنة رئيس جامعة ستراسبورج وأنجب منها خمسة أطفال، لم يعش منهم سوى اثنين حتى سن البلوغ، وعاش طوال حياته ككاثوليكي متحمس ومُتّقد التدين.

- لين مارجوليس **Lynn Margulis**:

- ولدت بالولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٣٨.

- بيولوجية أمريكية، وتعمل أستاذة بجامعة ماساشيوستيس، وأكثر ما تُعرف به هو نظريتها عن أصل الكائنات العضوية المصنفة تحت نوع الـ «إيكاريوت» (ويعنى الحقيقى النواة أى تتمتع خلاياه بنوى حقيقية محاطة بغشاء نووى)، وكذا مساهمتها الفعالة فى مجال نظرية التكافل بين هذه الكائنات وهى النظرية المقبولة على نحو عام بالنسبة لكيفية تشكل أنواع معينة من ذوات البنى الدقيقة التحت خلوية ذات التخصص الوظيفى المحدد والدقيق (ويطلق عليها: العضيّات).

- وكان مناط هذه المساهمة المهمة بحثًا كتبته عام ١٩٦٦، وهى لم تزل حديثة عهد بهيئة التدريس الجامعى بعنوان: «أصل طريقة الانقسام الخلوى للخلايا الإيكاريوتية»، والذى رفضت معظم المجلات العلمية نشره، والذى أصبح بعد حوالى ١٥ عامًا من نضالها وتمسكها بموقفها علامة فارقة فى النظرية الحديثة للتكافل الداخلى للكائنات، والتى كانت مستقاة عن أفكار رددها علماء أواسط القرن الـ ١٩ وأوائل القرن العشرين. إلا أن وجه الاختلاف عندها أنها اعتمدت بشكل مباشر على ملاحظاتها المباشرة على الميكروبات (وربما غير المتوافقة مع ملاحظات الأحاثة «الحفريات» وعلوم الحيوان والتى ميزت تطور علوم البيولوجى).

- وفى كتابها الذى أصدرته عام ١٩٧٠ بنفس عنوان البحث المشار إليه، شرحت أبعاد نظريتها المتمركزة حول أن عديدًا من الكائنات المصنفة: بروكاريوت (وهو المصطلح الذى استخدمه لأول مرة العالم الفرنسى **Chatton** للدلالة على خلايا ذات مادة وراثية ولكن غير محاطة بغشاء نووى: «طليعيات النوى») تكافلت مع بعضها البعض وعاشت على هذا

النحو ملايين السنين إلى أن تمحورت عن خلايا إيكاريوتية، وهى النظرية التى أصبحت مناطًا للتعرف على كيفية بزوغ وتشكل بعض البنى الدقيقة التحت خلوية رغم تخصصها الوظيفى الدقيق "**organelle**".

– وقد أدى هذا المنحى فى التنظير إلى اتجاه يفسر كيف للعلاقات التكافلية بين كائنات عضوية من نوعية أو ممالك مختلفة أن تشكل مناطًا أو قوة للتطور، حيث يكون التنوع الجينى، من المفترض أنه يحدث أساسًا كنتيجة لنقل معلومات نووية بين خلايا باكتيرية أو فيروسية أو إيكاريوتية، كما يمكن القول بأن أفكارها كانت حافزًا لبعض الأفكار السائدة حاليًّا فيما يتعلق بالجينوم البشرى.

– **لى سمولن Lee Smolin:**

– كان مولده فى مدينة نيويورك عام ١٩٥٥.

– فيزيائى نظرى أمريكى يعمل باحثًا فى معهد الفيزياء النظرية وأستاذًا مساعدًا فى الفيزياء بجامعة واترلو.

– من أكثر ما يعرف عنه اقتراحه مختلف الاقترابات للجاذبية الكمية، خاصة فى حال انقلابها، وكذا نظرية الأوتار الكونية، كما تمتد اهتماماته إلى الكونيات ونظرية الجسيمات الأولية وأسس ميكانيكا الكم والبيولوجيا النظرية.

– من أشهر اقتراحاته ما يتعلق بنظرية الأكوان المتعددة و«الولودة» وبما يعنى إضفاء طابع الاختيار للطبيعة الكونية، والتى تستخدم مبادئ التطور البيولوجى، مشيرًا إلى أن العوالم تتطور عبر إنتاج الثقوب السوداء.

– نُشر له كتاب «المشكلة مع الفيزياء» **"The Trouble with physics"**، وكانت فيه وجهات نظر متعددة واقترابات متنوعة

للعلم والأخلاقيات ومهاجمة حادة لنظريـــة الأوتـــار، بمـــا أثـــار جـــدلاً واسعًا وتحديات كبيرة وأيضًا انتقادات من جانب القائلين بالنظرية.

- من وجهات نظره الشهيرة أن نظرية ميكانيكا الكم ليست نهائية.

- له كتابان آخران بعنوانيّ: «حياة الكـــون» عـــام ١٩٩٩ و«ثلاثـــة ســـبل للجاذبية الكمية» عام ٢٠٠١.

- **ليزلي إليزير أورجل (١٩٢٧-٢٠٠٧) Leslie Eleazer Orgel:**

- كيميائي بريطاني تخرج في جامعة أوكسفورد مع مرتبة الشرف الأولـــى وحصل على الدكتوراه من الجامعة نفسها عام ١٩٥١ وبدأ حياته كمنظـــر في الكيمياء العضوية واستكمل أبحاثه في معهد كاليفورنيا للتقنية وجامعـــة شيكاجو، ثم التحق عام ١٩٥٥ بقسم الكيمياء بجامعة كامبريـــدج، ليكمـــل مساره في مجال كيمياء إنتقال المعادن؛ وكتب عدة مقـــالات عـــن ذلـــك وأصدر كتابًا بالعنوان نفسه، ثم انتخب أستاذًا باحثًا في معهد ســـولك **Salk** للدراسات البيولوجية، حيث أدار معهدًا للتطور الكيميائي، كما عمل أستاذًا مساعدًا في قسم الكيمياء والكيمياء العضوية بجامعة كاليفورنيا، كما كـــان واحدًا من الباحثين الرئيسيين بوكالة ناسا للبيولوجيا المتطورة، وشارك في مهمة الهبوط على المريخ كعضو من فريق تحليل الجزيئات وعبر تصميم بعض الأدوات التي حملتها الروبوتات معها إلى الكوكب.

- تقاطعت أعماله مع الميدان الاقتصادي عبر صـــناعة مـــا يعـــرف باســـم سيتارابين "**Cytarabine**" وهو أحد العناصـــر الـــسائدة حـــديثًا كمـــضاد للسرطان (وتجدر الإشارة هنا إلى موته بذات المرض).

- فـــي عـــام ١٩٧٠ اقتـــرح إعـــادة النظـــر في فرضية الـــ: بانـــسبيرميا **Banspermia** (الديدان أو البذور في كل مكان) والتي اقترحت أن أشكالاً من الحياة لم تكن أصلاً في الأرض ولكن جاءتها عبر الأحجار النيزكيـــة،

كما اقترح هو وزميل له أن أحماض جزيئات الببتيدات (وهى جزيئات تنتج عن ارتباط حمضين أمينين أو أكثر وتعد وحدات بنائية رئيسة فى جزيئات البروتين) هى التى أسست النظم القبل حيوية وقدرتها على النسخ الذاتى، وبأكثر من الأحماض الريبية النووية (التى تحوى ما يعرف بالريبوز «السكر الخماسى»، والذى يحوى ما يعرف بالناقل والمرسال والريباسى والتى تقوم بنقل المعلومات الوراثية من الدنا إلى الرنا) وقد يُنصح هنا بالعودة للفصل الخاص بهذا الموضوع فى الكتاب.

- تعود شهرته على المستوى الشعبى إلى ما يعرف بـ: «قواعد أورجل»، وبصفة خاصة القاعدة الثانية منها والتى تقول: «إن التطور أكثر مهارةً منك شخصيًا».

- وفى كتابه «أصول الحياة» صك عبارة: التعقيد المنتقى **"Specified Complexity"** واصفاً به المعيار الذى على أساسه تتميز الكائنات العضوية الحية عن المادة غير الحية، وذلك فضلاً عن أكثر من ٣٠٠ مقال فى نطاق ذات الموضوع.

- **مارسلين بيرتيلوت (١٨٢٧-١٩٠٧) Marcellin Berthelot:**

- كيميائى فرنسى (وسياسى أيضًا) يعرف بأنه واحد من عظماء الكيمياء فى كل العصور، ويعرف فى مجال الكيمياء الحرارية **thermochemistry** بتأسيسه المبدأ المعروف باسم تومسون - بيرتيلوت، وبتركيبه عدة عناصر حية من عناصر غير عضوية، داحضًا بذلك نظرية الحيوية **Vitalism**.

- وتقلد بعدها عدة مناصب جامعية من بينها كرسى الكيمياء العضوية الذى أنشئ من أجله بالكوليج دى فرانس وعضوية كلية الطب عام ١٨٦٣، وبعدها بعشر سنوات انضم لأكاديمية العلوم وعام ١٨٨٩ خلف لويس

باستير في منصبه ثم أصبح وزيرًا للإنشاءات في وزارة ريني جوبلي (١٨٨٧-٨٦)، ثم وزيرًا للخارجية في الوزارة التي سميت بالبورجوازية (١٨٩٥-١٨٩٦) وتم الاحتفال بيوبيله الفضي العلمي بباريس عام ١٩٠١.

- يتركز المفهوم الأساسي لبيرتيلوت في الكيمياء في أن كل الظواهر الكيميائية تعتمد على حركة القوى الفيزيائية التي يمكن تحديدها وقياسها، وبذلك بالمخالفة لما كان سائدًا قبلها، ولذا قدم معارضة أثارت جدلاً من خلال نتائج لعديد من الهيدروكربونات والشحومات أو الدهنيات والسكريات وأجسام أخرى، مبرهنًا على أن العضويات يمكن تشكلها على نحو عادي عبر معالجة كيميائية ومن ثم تخضع لنفس القوانين التي تخضع لها العناصر غير العضوية، وبالتالي فإن الظواهر الكيميائية لا تحكمها قواعد أو قوانين خاصة بها، وإنما يمكن تفسيرها وشرحها بمصطلحات الميكانيكية القائمة بالكون، وهي وجهة النظر، التي دعمها بآلاف التجارب والتي قدمها في مؤلفه «الميكانيكا الكيميائية» عام ١٨٧٨ و «الكيمياء الحرارية» عام ١٨٩٧.

- وهذا الفرع من الدراسة وَجّهه بشكل طبيعي للبحث في مجال المفرقعات، ومن الناحية النظرية أدى للنتائج التي ظهرت في كتابه عن «المواد المفرقعة» عام ١٨٧٢، ثم عمليًا أدى إلى الخدمات الجليلة لبلاده وقت رئاسته مؤتمر الدفاع العلمي، وبالتالي رأس المؤتمر الفرنسي للمفرقعات إبان فترة حصار باريس.

- من بين كتبه المراجع «جذور الخيمياء» عام ١٨٨٥، «مقدمة للكيمياء القديمة وفي العصر الميوني **moyen**» عام ١٨٨٩، وهذا بخلاف ترجمات مختلفة للكتب الإغريقية القديمة في ذات المجال.

- توفي من فوره إثر وفاة زوجته ودفنا معًا بباريس فيما يعرف بالبانثيون **Panthéon**.

- **مانفريد إيجين Manfred Eigen:**

- مولود بألمانيا عام ١٩٢٧.
- فيزيائي عضوي ألماني والمدير السابق لمعهد ماكس بلانك الشهير لكيمياء الفيزياء العضوية في جوتنجن وحاليًا أستاذ شرف بجامعة التكنولوجيا بميونخ. حصل عام ١٩٦٧ مع كل من رونالد جورج نوريسن وجورج بورتر على جائزة نوبل للكيمياء.
- من بين كتبه: «الدائرة المفرطة: مبدأ التنظيم الذاتي» عام ١٩٧٩، ومع آخر: «قواعد اللعبة: كيف تحكم المصادفة مبادئ الطبيعة» عام ١٩٩٣، و «التنظيم الذاتي للمادة والتطور البيولوجي للجزيئات الماكروية"، كما أعد بحثًا نظريًا مهمًا ومؤثرًا عن الكيمياء العضوية لأصل الحياة.

- **ماري شيللي (١٧٩٧-١٨٥١) Mary Shelley:**

- روائية إنجليزية معروفة بالقص الذي ينتسب للطراز القوطي(*) والروايات التاريخية. والتي استلهمها العلماء في تصور شكل للحياة في بداية تطورها، كما ألهمت روائيين آخرين وأيضًا صناع الأفلام السينمائية، كما أنها تزوجت من الكاتب الرومانسي بيرسي بيش شيللي **Percy Bysshe Shelley**، والذي حصلت منه على لقبها.
- كما يذكر أنها ابنة الروائي والكاتب الصحفي والفيلسوف المعروف وأم مشهورة بالمناداة بالمساواة بين الجنسين وبأنها تقوم بدور تثقيفي وكاتبة وفيلسوفة، ولكنها توفت بعد الولادة بعشرة أيام جراء ما يعرف بحمى ما بعد الحمل والولادة «النفاس».

(*) طراز فني نشأ في شمال فرنسا وانتشر في أوروبا منذ قرابة منتصف القرن الـ ١٢ إلى أوائل القرن الـ ١٦ الميلادي. (المترجم).

- وهى لم تذهب إلى مدرسة، وإنما تعلمت على يد والدها ومـــديرة المنـــزل التى توثقت علاقتها بها لدرجة كبيرة، وإلى الحد الذى من أجلـــه طردهـــا الوالد ومنع اتصال أبنائه بها، وتزوج بعدئذ من امرأة ســـريعة الانفعـــال وحادة اللسان لم تجر علاقتها مع الأبناء على وجه حسن.

- وعندما كانت فى الحادية عشرة نـــشرت أول مقطوعـــات شـــعرية لهـــا، ولإبعادها عن زوجة والدها أُرسلت لتعـــيش مـــع أســـرة فـــى الريـــف الإسكتلندى، حيث نمت موهبتها الروائية بتشجيع من تلك الأسرة، والتـــى كانت تقطن بالجزء الشاحب والكئيب من شواطئ نهر تـــاى **Tay**، ولكـــن كانت المنطقة بجبالها ومشاهدها العامة الرائعة مصدرًا لانطـــلاق خيالهـــا وسببًا لنشأة علاقة حميمة بينها وبين الأشياء من حولها، وهو ما انعكـــس على معظم ما كتبته على رغم حرصها على ألا تكون بطلة ما ترويه من قصص وأحداث.

- **مارتن ريس Martin Rees (Baron of Ludlow):**

  - مولود بإنجلترا عام ١٩٤٢.

  - فلكى إنجليزى تخصص في الكونيات والفيزياء الفلكية، تلقى العلم في كلية ترينتي وكامبريدج والتى أصبح رئيسًا لها عام ٢٠٠٤، وفى العام التـــالى أصبح رئيسًا للجمعية الملكية بإنجلترا.

  - نشر إبان حياته ما يزيد على ٥٠٠ بحث، ومـــن إســـهاماته المهمـــة مـــا يتعلق بموجات أشعة خلفية الكون وكيفيـــة تجمـــع المجـــرات علـــى شكل عناقيد، كما أكدت دراستـــه عن أشباه النجـــوم دلـــيلاً قويّـــا ضـــد «الكون الثابت»، كما كان من بـــين أوائـــل مـــن اقترحـــوا أن الثقـــوب السوداء الهائلة هى التى تغذى أشباه النجوم بالقوة.

- حصل على عدة جوائز تشريفية ما بين عامى ١٩٨٤ و٢٠٠٧، على رأسها جائزة ميشيل فارادى عام ٢٠٠٤ وجائزة كرافورد عام ٢٠٠٥، وهو العام الذى حصل فيه على لقب بارون لودلو، كما أن ثمة حجرًا نيزكيًا رقم ٤٥٨٧ مسمى باسمه تشريفًا وتكريمًا له.

- من بين كتبه «المصادفات الكونية: المادة السوداء، البشرية والأنثروبية» فى أواخر عام ١٩٨٩، «مشهد جديد فى الفيزياء الفلكية الكونية» عام ١٩٩٥ و «الغواية القدرية أو الحاسمة للجاذبية: الثقوب السوداء فى الكون» عام ١٩٩٥، أيضًا و«قبل البداية – كوننا والأكوان الأخرى» عام ١٩٩٧، و«السكان الكونيين» عام ٢٠٠١، «قرننا الأخير: هل سيقاوم نوعنا البشرى للبقاء فى القرن الواحد والعشرين؟» والذى تمثل تحذير عالم بشأن كيف للرعب والخطأ والمآسى البيئية أن تهدد مستقبل البشرية فى هذا القرن – على الأرض وما وراءها؟

- **مونيكا جرادى Monica Grady:**

- مولودة فى إنجلترا عام ١٩٥٨.

- عالمة إنجليزية رائدة فى علوم الفضاء وتعرف بشكل رئيسى باشتغالها على الأحجار النيزكية، وهى حاليًا تعمل أستاذة لعلوم الفضاء والكواكب بالجامعة المفتوحة وقبلها عملت فى متحف التاريخ الطبيعى حيث ساهمت فى تصحيح وإعادة تصنيف مجموعة الأحجار النيزكية. وكانت قد أتمت رسالتها للدكتوراه فى كلية دارون بكامبريدج عام ١٩٨٢ حول الكربون فى الأحجار النيزكية والتى بعدها بدأت بناء سمعتها العالمية فى هذا المجال.

- في عام ٢٠٠٣ قدمت للمعهد الملكي عدة محاضرات بعنوان:"رحلة في الفضاء والزمن"، وفي النهاية قدمت للدكتور جيمس جاكسون الحجر النيزكي المرقوم ٤٧٣١ والذي أطلق عليه اسمها كتشريف لها.
- متزوجة من أيان رايت **Jan Wright** إخصائي الأحجار النيزكية بدوره.
- من بين مؤلفاتها «دليل الأحجار النيزكية» عام ٢٠٠٠، «البحث عن الحياة» عام ٢٠٠١، و «البيولوجيا الفلكية» في العام نفسه.

- **ميشيل راسل (Mike Russell) Michael Russell:**

- ولد في إنجلترا عام ١٩٥٣.
- من أعضاء البرلمان الإنجليزي عن منطقة جنوب إسكتلندا، عمل في بداية حياته بالتليفزيون إلى أن كون شركته الإعلامية الخاصة، كما سبق أن ترأس تنفيذيًا المحطة التليفزيونية في الفترة من ٩٤ إلى ١٩٩٩ قبل انتخابه للبرلمان، والذي فقد مقعده فيه عام ٢٠٠٣ ثم أعيد انتخابه مرة أخرى عام ٢٠٠٧ وعين وزيرًا للبيئة.
- ألف كتابًا مع آخر ضمنه وجهات نظره المتطورة والثورية تحت عنوان «الإمساك بالأشواك أو الحنظل **Grasping the thistle**».

- **ميشيل (مايكل) كار (١٩٤٦-١٩٩٠) Michael Carr:**

- سياسي إنجليزي انضم لحزب الأحرار الديمقراطيين، وكان قبله منتميًا لحزب المحافظين، واستقر أخيرًا بحزب العمال، تعرض لعدد من الانتكاسات الانتخابية وبعض النجاحات، وإن فاز بعضوية البرلمان الإنجليزي عن العمال، ولكن لمدة ٥٧ يومًا من انتخابه حتى وفاته الباكرة بسبب هبوط في القلب، إثر اجتماع صاخب

وساخن أثيرت بشأنه، وبدفع من زوجته، عدة مزاعم وتحقيقات بشأن إهمال طبي حدث في واقعة الوفاة ولكنها لم تثمر عن أي إدانة لأحد.

- **ميشيل كولنز Michael Collins:**

- مولود بالولايات المتحدة عام ١٩٣٠.

- رائد فضاء أمريكي سابق وطيار اختبار، اُختير عام ١٩٦٣ كواحد من المجموعة الثالثة من ١٤ رائد فضاء، قضى في الفضاء ١١ يومًا وساعتين وأربع دقائق عبر رحلتين، الأولى منهما هي جيمني ١٠ '**Gemni 10**'، حيث قام تحت قيادة جون يونج بالالتقاء مع سفن فضائية أخرى، وكانت الرحلة الثانية هي أبوللو ١١ "**Apollo 11**"، حيث تولى قيادة سفينة الفضاء في مدار القمر، بينما كان زميلاه نيل أرمسترونج وبنز ألدرين يضعان أرجلهما على سطح القمر في أول جولة بشرية هناك.

- تخرج في الأكاديمية الحربية الأمريكية، والتحق بالقوات الجوية الأمريكية وتنقل بين عدة مناصب، بالمخالفة لرغبة والدته في أن يعمل بالمجال الدبلوماسي إلى أن انتهى به الأمر كرائد فضاء.

- وبعد تقاعده من مؤسسة ناسا حصل على وظيفة مساعد مدير للشئون العامة بوزارة الخارجية الأمريكية وبعدها بعام واحد أصبح مديرًا للمتحف الوطني الجوي للفضاء حتى عام ١٩٧٨، ثم التحق بسكرتارية المعهد السميسونيالي **Smithsonian** وفي عام ١٩٨٠ أصبح نائبًا لرئيس الـ **LTV** للطيران الفضائي، وتقاعد عام ١٩٨٥ ليتفرغ لعمله الخاص.

- ابنته كيت **Kate** ممثلة تليفزيونية من أبرز ما لعبته وحاز على شعبية هو دورها في المسلسل الأمريكي الشهير: «كل أبنائي».

- نورم سليب Norm Sleep:

- تخرج في جامعة ولاية ميتشجان، ثم حصل على الماجستير والدكتوراه في الرياضيات وفيزياء الأرض geophysics من معهد ماساشوسيتس للتقنية وذلك عام ١٩٧٣، وعمل بنفس المعهد كباحث مساعد، وبعدها أستاذًا مساعدًا لفيزياء الأرض بجامعة نورث وستيريد ثم بجامعة ستانفورد ثم أستاذًا لنفس المادة ومعها الجيولوجيا بالجامعة الأخيرة وحتى الآن.

- حصل على عدة جوائز وميداليات وعضوية جمعيات أمريكية جميعها تتصل بذات المجال الذى تخصص فيه وبالتقدم العلمى بصفة خاصة.

- نيل أرمسترنج Neil Armstrong:

- (مولود بولاية أوهايو بأمريكا عام ١٩٣٠).

- رائد فضاء متقاعد أمريكى قضى فى الفضاء مدة ٨ أيام و١٤ ساعة و١٢ دقيقة عبر رحلتى جيمنى ٨ وأبوللو ١١، ويعرف تاريخيًا بأنه أول من وضع قدمه على سطح القمر عام ١٩٦٦، ثم مع زميله بز ألدرين Buzz Aldrin فى المرحلة التالية عام ١٩٦٩ حين قضيا ٢,٥ ساعة فى استكشاف سطح القمر، بينما كان زميلهما الثالث مايكل كولنز Michael Collins يدور فوقهما لحين التقاطهما.

- وقبل أن يصبح رائدًا فضائيًا عمل أرمسترونج كطيار فى البحرية الأمريكية وشهد الحرب الكورية وبعدها خدم كطيار اختبار للطيران السريع حيث حلق لمدة ٩٠٠ رحلة فى طائرات مختلفة التصاميم ومتعددة الأغراض، وكان قبلها قد اضطلع بعدد ٧٨ مهمة حربية فى كوريا بإجمالى ١٢١ ساعة أصيبت طائرته فى إحداها ولكنه أُنقذ بواسطة الكرسى القاذف، وحصل على عدة ميداليات عن مهامه تلك.

- ومما يذكر أنه عمل أيضًا بالتدريس الجامعي في مجال الطيران (حاصل أيضًا على بكالوريوس هندسة الطيران) وأيضًا في الملاحة الجوية والطيران البحري.

- متزوج منذ يناير ١٩٥٦ وله ثلاثة أبناء (ولدان وابنة) وإن كانت ابنته قد توفيت بمرض السرطان في الذكرى السادسة لزواجه.

- **هانز دريتش (١٨٦٧-١٩٤١) Hans Adolf Eduard Driesch:**

- بيولوجي ألماني وأيضًا فيلسوف، يعرف بإنشاء تجربة أثبت فيها أن تعديل أو فصل ما تعرف بالخلايا البلاستولية **blastomeres** من محتوى بيضة حديثة ربما يؤثر على أمور متعددة، ولكنه لن يؤثر على النمو الطبيعي للجنين المرتقب، وهو ما اعتبر إثباتًا على أن الموناد **monad** (الوحدة الواحدة أو جوهر الوجود) في البيضة قادرة على تشكيل أي جزء في الجنين.

- وقد اشتغل بذلك على قنفذ البحر **urchin** حين فصل خليتين من جنينه، متوقعًا أن كل خلية ستتطور إلى جزء من الجنين، إلا أن كلاً من الخليتين تحولتا إلى جنين متكامل للقنفذ، وهو نفس ما حدث مع أربع خلايا تحولت بدورها إلى أربعة أجنة، حيث خرجت من كل منها يرقانة ولو أنها كانت أصغر من المعتاد، وهو ما أدى إلى نحت مصطلحات في وصف الخلية «ككل الصلاحيات» **totipotent** أو «متعددة الصلاحيات» **pluripotent**.

- وبالاستعارة من فلسفة أرسطو اقترح أن للحياة استقلالها الذاتي بناء على ذاك الإصرار الحيوي المتبدى في تجربته، وأن تطور علوم الأجنة يعطي الأدلة على ذلك.

- وهو ما كان قد سماه مسبقًا بـ: «شبه النفسي» **psychoid** والتي عنى بها أن أي جوهر به حياة واعدة على نحو نفسي ذاتي بأكثر من كونها تميل

للحيزيّة أو المكانية، أو الانتشارية، وله أغراض كمية وكثيفة وخواص متعددة، وهى الفكرة التى لم تلق ترحيبًا كبيرًا، بل عورضت بشدة.

- **هارولد أوراى (١٨٩٣-١٩٨١) Harold Urey:**

- كيميائى فيزيائى أمريكى حاصل على جائزة نوبل فى الكيمياء عام ١٩٣٤ بسبب عمله الرائد فى مجال النظائر والذى قاده إلى نظريات تطورية هائلة.

- كتب مع آرثر روارك كتابًا بعنوان «الذرات والكمومية والجزيئيات» وهو واحد من أوائل الكتب عن تطبيقات ميكانيكا الكم فى النظم الذرية والجزيئية، وأصبح بعدها مهتمًا بالنظم النووية وهو الاهتمام الذى أدى به إلى اكتشاف الديوتيريوم **deuterium** (الهيدروجين الثقيل) وبالتالى إلى إثبات وجود ما يعرف بالماء الثقيل.

- أثناء الحرب العالمية الثانية عمل مع فريقه على تطوير مشروعات بحثية دعمت مشروع القنبلة الذرية بمانهاتن، والأكثر أهمية أنهم نجحوا فى تطوير أسلوب الانتشار الغازى الذى أدى إلى فصل اليورانيوم ٢٣٥ من اليورانيوم ٢٣٨.

- وفى حياته المتأخرة ساعد فى تطوير مجال الكيمياء الكونية، حيث قاده عمله على الأكسجين ١٨ إلى تطوير نظريات عن وفرة العناصر الكيميائية على الأرض كنتيجة لوفرتها فى تطورات النجوم، وقد لخص آراءه تلك فى كتابه المعنون «الكواكب: أصلها وتطوراتها» (عام ١٩٥٢).

- أعلن – أيضًا – أن الجو الأرضى الباكر ربما اشتمل على الأمونيا والميثان والهيدروجين، وهو ما دفع أحد تلاميذه «ستانلى ل. ميللر» إلى القول: لو أن مثل هذا الخليط من العناصر قد تعرض

لأشعة فوق بنفسجية وماء، فيمكنه أن ينشئ أحماضًا أمينية، والمعروف بشكل عام أنها تشكل لبنات بناء الحياة.

- بعيدًا عن حصوله على جائزة نوبل، فقد حصل على عديد من الجوائز العلمية المهمة، كما أطلق اسمه على مبنى الكيمياء بكلية ريفيل وعدة مدارس في أمريكا وعلى عدة نيازك وإحدى الفوهات البركانية على القمر، كما أنشئ كرسي جامعي باسمه - ناهيك عن تقلده عدة مناصب جامعية وبحثية سابقة على مدى حياته.

- **هـ. جاي ميلوش H. Jay Melosh:**

- ولد في يونيو عام ١٩٤٧.

- جيوفيزيقي أمريكي حصل على الدكتوراه عام ١٩٧٢ في الفيزياء والجيولوجيا من جامعة كالتيك **Caltech**، وتتركز اهتماماته في التصادمات الكونية والحفر الناجمة عنها، وتغير قشرة سطوح الكواكب، وكذا في فيزياء الزلازل والانهيارات الأرضية، كما تهتم بحوثه المتأخرة بأصل التصادمات للمذنبات، والتي بالتحديد قضت على الديناصورات وأدت إلى قذف الصخور بعيدًا وانفصالها عن أجسامها الأم.

- يعتبر من الناشطين في الدراسات المتصلة أساسًا بتبادل الكائنات المتناهية الصغر بين الكواكب (وهو الإجراء المسمى «نيدان أو بذور في كل مكان» **Panspermia**، والذي يعرف بمصطلحاته هو **"transpermia"**).

- وفي عام ١٩٨٩، نشرت له جامعة أوكسفورد كتابة المعنون: «التصادمات الكونية: عملية جيولوجية».

- يتمتع بعضويته في عدة اتحادات أمريكية مهمة تتصل بعلوم

للجيوفيزيقا والصخور النيزكية والفلك عمومًا والعلوم المتقدمة، وفى عام ٢٠٠٣ رُشّح للأكاديمية الوطنية للعلوم، وفي مجال التشريفات فهو يحمل ميدالية بارينجر **Barringer** لجميعة الأحجار النيزكية.

- **هنرى برجسون (١٨٥٩-١٩٤١) Henri Bergson:**

- فيلسوف فرنسى حظى بأهمية كبرى على مدى النصف الأول من القرن العشرين.

- ولد فى نفس العام الذى نشر فيه داروين كتابه المعنون «أصل الأنواع»، متحدرًا من أسرة يهودية (والده يهودى بولندى ووالدته يهودية ذات أصول إيرلندية إنجليزية)، وتلقى فى الليسيه تعليمًا دينيًا يهوديًا، ومع ذلك فقد إيمانه بعد وقوفه على نظرية التطور التى تدعى أن الإنسان تحدر من أصل قرد، ومع ذلك، فإنه وهو فى عمر الثامنة عشرة حصل على أكثر من جائزة على نبوغه فى حل مسألة رياضية، والذى يعتبر أول عمل منشور له قبل أن يحسم أمره فى مستقبله هل يوهبه للعلم أم للإنسانيات.

- بدأ اتجاهه للإنسانيات يتحدد بنشره تلخيصًا لأشعار لوكريتس **Lucretius** مدعومًا بنقده للمادية الكونية وبعدها أطروحته المطولة عن «الزمن والإرادة الحرة» ومعها آراء عن أفكار أرسطو عن الموضوع، وهى التى حصل بها على الدكتوراه من جامعة باريس عام ١٨٨٩.

- قرأ أعمال داروين ولامارك (صاحب نظرية السلوك المكتسب بالوراثة)، ومفضلاً فكرة الأول عن التنوع التدريجى والتى تواءمت مع منظوره للحياة، وفى عام ١٨٩٦ أطلق عمله الصعب والماهر معًا بعنوان: «المادة والذاكرة» الذى ضمنه بحثًا عن

وظيفة الدماغ وتحليلاً للإدراك والذاكرة، بما يقود إلى تقدير معتبر لمشكلات العلاقة بين الجسم والعقل.

- وفى الأيام الخمسة الأولى من أغسطس ١٩٠٠ حيث انعقد أول مؤتمر دولى للفلسفة بباريس قرأ بحثًا مهمًا عن «الأصول النفسية للاعتقاد فى ظل قانون السببية"، وبعدها بعام نشر عملاً يعد من أهم أعماله بعنوان: «الضحك» فى محاولة لفهم أحد أوجه الحياة ومعنى الكوميديا ودورها فى حياة المرء.

- ومن بين ما يعرف عنه أيضًا أنه درس علم البيولوجى، كما حصل على كرسى الطب التجريبى المنسوب لكلود برنار فى الكوليج دى فرانس، ومن قبلها كرسى الفلسفة الحديثة بجنيف.

- **هورست – إبيرهارد ريشتر Horst- Eberhard Richter:**

- ولد فى أبريل ١٩٢٣.

- فى عام ١٩٦٢ تم اختياره مُقيِّمًا لعلم التطبيب النفسى وأسس معهدًا له، إلا أن كتبه الأولى تعد من الكلاسيكيات فى آداب هذا العلم ولكنه ما بين العامين ٧٢ و١٩٨١ حرر خمسة كتب اعتبرت بمثابة عهد جديد لهذا النوع بين العلاج.

- ممارسته الأمر فى عيادته وسعت ادراكه واتصالاته، كما تطرق الأمر للاتصال بعديد من السياسيين حتى انخرط فى مؤتمرات عقدت من أجل منع التسليح مثل «الآثار النفسية للحياة فى مظلة التهديد النووى» الذى عقد فى كامبريدج عام ١٩٨٢ و «الأسس النفسية لمنع التسليح النووى» والذى أقيم فى موسكو عام ١٩٨٥ و «مخاطر الحرب النووية ومحاولة منع قيامها» وتم عقده فى واشنجطون عام ١٩٨٦، وبذلك أصبح من أبرز المتحدثين وصاحب أعلى صوت ينحو للسلم فى بلده وفى العالم بأسره.

- وتطـور الأمـر إلـى تشكيلـه ما يعـرف اختـصـارًا بـــ "IPPNW" بهدف تجميع الأطباء ويتحو إلى إبراز الآثار المـدمرة للحـرب النوويـة ومحاولة منعها، والذى قام هو بإعلانه عبر ما يعرف بإعلان فرانكفـورت، والذى دعا فيه إلى «قَسَمْ» طبى جديد. وفـى عـام ١٩٩١ تمـددت هـذه المؤسسة أو المنظمة وأصبحت مسموعة من خلال الإعلام العالمى.

- على الرغم من معارضة معظم السياسيين لتوجهاتها – وإلى عـام ١٩٩٤ وما بعدها إلى حتى ١٩٩٩ عقب حرب حلف الأطلنطى ضد يوجـسلافيا أعلنت الميديا ما يشبه معنى موت منظمات الدعوة للسلام إلا أنه كان لـه رد فعل أبرز فيه أن منظمته لم تمت، إنما ومن خلال تزايد عدد المنتسبين لها واطراد منشوراتها وكتبها ومحاضراتها المتميزة فى المؤتمرات التـى تعقدها، قد تَغَيّرت فقط إلى ما يعرف بثقافة السلام "***culture of peace***".

- وعلى ذلك، فهو يعد أكثر مـن زود منظمـة الأطبـاء تلـك بالأفكـار والأطروحات والتحاليل والخطب وورش العمل المختلفة والناشطة.

- **هيرمان فون هيلمهولتز (١٨٢١-١٨٩٤) Hermann Von Helmholtz:**

- فيزيائى ألمانى وهب حياته بأكملها للعلم بناء على أسس عقلانيـة حتـى أصبح من أبرز رجال القرن ١٩، ارتاد خلالها عدة منـاطق فـى العلـم كرياضيات العين ونظريات الرؤية ومن بينها رؤيتنا للفضاء وعلم نفـس وظائف الأعضاء، وله أبحاث فى رؤية الألوان والإحـساس بالنغمـات، وإدراك الأصوات، وعلم التطبيب التجريبى. ويعرف فى مجال الفيزيـاء بنظرياته عن حفظ الطاقة، وأعماله فـى الـديناميكا الكهربيـة وكيميـاء الديناميكا الحرارية والأسس الميكانيكية لها – وفوق كل ذلك فقد كـان ذا باع فلسفى فى مجال فلسفة العلم وعلوم الجمال وأفكار عـن قـوة مدينـة العلوم، كما تسمى معهد كبير للعلوم باسمه تشريفًا له.

- كان أول إنجاز علمى له هو اكتشافه ما يتعلق بقانون حفظ الطاقة أثناء بحثه فى التمثيل الطبيعى للعضلات ومحاولة إثبات أنه لا طاقة مفقودة خلال تحريك العضلات وذلك على خلاف ما كان مترسخًا فى تقاليد فلسفة العلوم العصبية وقتئذ.

- **وليم ساسلو William C. Saslaw:**

- حاصل على الدكتوراه من جامعة كامبريدج ويعمل حاليًا أستاذًا بجامعة فيرجينيا.

- تتركز أبحاثه بصفة أساسية على جاذبية المجموعات العنقودية فى *التشكلات ذات الحجوم الكبيرة (الكونيات)* وله دور نشيط – بين أدوار أخرى – مع علماء مؤسسة **NRAO**، والذين يعكفون على دراسة التصوير *بالعدسات الماكروية لنجوم المجرات البعيدة والمشعة.*

- حرر مؤخرًا دراسة علمية بعنوان: «توزيع المجرات: التعنقد (من عنقود) أو تجمع المجرات فى الكون» **"The Distribution of the Galaxies: Gravitational Clustering in Cosmology"** والتى نشرتها مطبعة جامعة كامبريدج.

- **ولفجانج أماديوس موتسارت «موزار» (١٧٥٦-١٧٩١) Wolfgang Amadeus Mozart:**

- يعتبر من أهم وأبرز المؤلفين الموسيقيين فى الفترة الكلاسيكية، ألف أكثر من ٦٠٠ عمل موسيقى من بينها الأعمال السيمفونية والكونشرتو وموسيقى الحجرة والأوبرالية وموسيقى الكورال، فضلاً عن المقطوعات المؤلفة خصيصًا للبيانو، وعلى الجملة، فإن الكثير من أعماله يعتبره مؤلفو الموسيقى جزءًا من تراث الموسيقى الكلاسيكية ومرحلتها.

- كان ميلاده فى مدينة سالزبورج، وهى واحدة من أجمل الأماكن فى العالم من حيث طبيعتها الشجرية المزهرة، ولوالده وهو موسيقى بالأســـاس لـــه أكبر الأثر على حياته الموسيقية فيما بعد، حيث كان موزار يراقب شقيقته الأكبر وقد بلغت السابعة وهى تتلقى دروس الموسيقى على يد والدها على آلة الكى بورد **Keyboard** (السابقة على البيانو تاريخيًا) وكان هــو فـــى الثالثة من العمر آنذاك وعندما بلغ الرابعة قام الأب بقضاء بعض الوقـــت فى تدريبه على نفس الآلة، فكان يعيد ما يسمعه دون أخطاء، محافظًا على التوقيت وبنفس الرقة، وفى الخامسة بدأ يؤلف مقطوعات صغيرة بما فاق توقع الوالد، فبدا وكأنه نوع من «الطفل المعجزة» **child prodigies**.
- قامت أسرته وقتها بجولة واسعة فى أوروبا وصالات العزف الكبرى بهـــا حيث تقابل موزار مع عدد من مؤلفى الموسيقى الكبار، واستغرقت هـــذه الرحلة سنوات أصبح فيها ذكرًا بالغًا، وبدأ تأليف الأعمال الكبرى وبــرز نبوغه الذى رحبت به الأوساط الموسيقية، وأصبح ما هو عليه، ومازالـــت بعض أعماله تعزف حتى اليوم بنجاح كبير، ومما يذكر أنه مات صـــغيرًا حول الـــ ٣٥ من العمر وثمة جدل تاريخى عن أسباب هذا الموت المبكر.

* * *

ثانيا: الموضـــــوعات:

- **أبورجينى Aborigine:**

- تنحدر الكلمة من أصل لاتينى بمعنى المنحدر من أصل ما منــذ البدايــة، وذلك على نحو العموم فى معنى الكلمة.

- والقوم الذين يمكن أن يطلق عليهم هذا الاسم هم الذين حل محلهــم قــوم آخرون بعد وجود تاريخ سابق لملكية الأولين للأرض، والذين يحــافظون (على الأقل جزئيًا) على تقاليدهم المميزة وعلى الأرض ذاتها، ويفترقــون على نحو ما مع الناس المحيطة بهم والتقاليد أو الثقافة الغالبة على هــؤلاء والوافدة عليهم.

- وبالإضافة لذلك فثمة أقوام متعددة من الأبورجينيين يشار إليهم عادة بهــذا المصطلح، مثل:

  - التابعون لجزيرة تسمانيا **Tasmania** بأستراليا.
  - سكان ولاية فيكتوريا بأستراليا.
  - الأبورجينيون التايوانيون فى تايوان.
  - سكان كندا الأصليون.

- **أدليد Adelaide:**

- مدينة تقع فى جنوب أستراليا وهى عاصمة ولاية جنوب أستراليا وهى كثيفــة السكان بحيث تعتبر خامس أكبر مدن أستراليا قاطبة بعدد سكان أكثر قليلاً من ١,١ مليون نسمة (فى ٢٠٠٤) وهى مدينة ساحلية تجاور المحيط الجنــوبى، وحصلت على اسمها، تيمنًا باسم الملكة أدليد زوجة الملك وليام الرابع. وكانت

في عام ١٨٣٦ هي العاصمة المخطط لها للحى الإنجليزى الحــر والمــستقر الوحيد لهم وقتئذ في أستراليا كلها، وقام المقدم وليام ليــت **Colonel William** (أحد الآباء المؤسسين للمدينة) بتصميم المدينة في شكل عام متصالب الهيئــة الذى تخترقه الشوارع العريضة والميادين الكبيرة، وأحاطها في كل الاتجاهات بالمتنزهات. واشتهرت المدينة على مدى تاريخها بالحرية الدينيــة ومجــاراة التقدم السياسى والحريات المدنية أما اليوم فتشتهر باحتفالاتها المتعددة وأنــواع أنبذتها (من النبيذ) وفنونها ورياضاتها. وباعتبارها مقرًا للعديد مــن الهيئــات الحكومية والمالية.

- وللمدينة مناخ يشبه أجواء البحر الأبيض المتوسط، حيث تسقط الأمطار فــى شهور الشتاء، ومن بين العواصم الأسترالية فهى من أكثرها جفافًــا، ويعتبــر شهر مايو فيها من أكثر الشهور مطرًا في السنة، وتكون الثلج يعتبر نادرًا فيها ومن أشهر مرات حدوثه في يوليو ١٩٠٨ ويوليو ١٩٨٢، وإن ظلت إمكانيــة سقوط الأمطار الثلجية، فيما عدا منطقة جبل لوفتى **Lofty** وبعــض منــاطق التلال فيها.

- **أريس ڤاليس Ares Vallis:**

- مسمى لوادٍ على المريخ، والذى يبدو أنه انحنى بسبب السوائل التى ربما تكون مياهًا، والذى تتدفق من منطقة هناك مليئة بالتلال ومتصلة ببــدايات الــوادى بمنطقة انتقالية عرضها ١٠٠ كيلومتر تقريبًا، وتقع فــى ٣٤٢,٥° شــرقًا و ٣ درجات شمالاً، ويستمر الوادى مارًا بمنطقة الأراضى العليا بالمريخ، منتهيًــا بمنطقة أشبه بدلتا النهر.

- جاء الاسم تيمنًا بالتسمية الإغريقية للمريخ والملقبة بـــ أريــس **Ares** إلــه الحرب في ثقافتهم.

- كان هذا الوادى مهبطًا لسفينة الفضاء التى أطلقتها هيئة ناســا باســم **Mars Pathfinder** بهدف دراسة منطقة مختارة من الوادى عام ١٩٩٧.

- أرشيا **Archae**:

- هو اسم لمجموعة كبيرة من العضويات الماذ رية مثل الباكتيريا، وهي ذات خلية واحدة تنقصها الأنوية، ولهذا فقد صنفت ضمن نوع البروكاريوت **prokaryotes** الذى هو واحد من الممالك الخمس التقليدية التى تنقسم إليها تصنيفيًا مملكة واحدة الخلية، وكلمة بروكاريوت استعملت لأول مرة بمعرفة العالم الفرنسى شاتون **Chatton** عام ١٩٢٥ للدلالة على خلايا ذات مادة وراثية واحدة غير محاطة بغشاء نووى والتى تسبح فى الهيولى (طليعيات النوى).

- الأرشيا إذن هى نوع منفرد فى هذا المجال وترجع إلى المصطلح الإغريقى الذى يعنى حرفيًا: «الأنواع القديمة». ومعظمها ينتمى إلى عاشقات الحرارة المتطرفة فى درجاتها، التى غالبًا ما تزيد على درجة الغليان، ولذا فإنها توجد فى ينابيع المياه الحارة والمداخن السوداء فى أعماق البحار وأبيار البترول وهذا لا يمنع من أن بعضها فى أماكن ثلجية باردة للغاية، وأخرى تعيش فى المياه المالحة، والمياه الحامضية والقلوية على السواء، كما أن النوع المتوسطى منها يفضل الحياة فى أراضى المستنقعات ومياه «البلاليع» والتربة، وأيضًا يُعثر على النوع الميثانى الطابع فى مخرجات العضويات الحية.

- وتنقسم الأرشيا بشكل عام إلى ثلاثة أقسام فسيولوجية: محبو التشكل المنتمى للهالة **Holophilites**، وذوات النزعة الحمضية **acidophiles**، ثم ذوات الميل الحرارى **thermophiles**، وهو تقسيم غير شامل لكل شىء ولكنه يصلح كبداية للدراسات البيئية.

- **الاطّرادية أو التشاكلية أو التماثلية Uniformitarianism:**

- ويعنى المصطلح فى فلسفة العلم الافتراض القائل بأن كل العمليات الطبيعية

التي حدثت في الماضي هي نفسها التي يمكن ملاحظة قيامها بالعمل نفسه حاليًا. وهي طريقة منطقية في الفهم، عادة ما يمكن تلخيصها في عبارة أن «الحاضر هو مفتاح الماضي».

- ويتأصل المصطلح لدى للطبيعيين في القرن الـ ١٨، بداية من أعمال الجيولوجي جيمس هوتون **James Hutton** والتي عدل فيها تشارلز لايل **Charles Lyell** في سِفْره المعنون «مبادئ الجيولوجيا» عام ١٨٣٠. وتم صك التعبير عام ١٨٣٢ ويليام هوي ويل **William Whewell** والذي صك أيضًا تعبير «المأساوية» **catastrophism** ويعني فكرة أن الأرض قد أُنشئت عبر وسائل فوق طبيعية وتشكلت عبر سلسلة من الوقائع المأساوية التي أحدثتها قوى لم تنكشف بعد.

- والتعبير الذي نحن بصدده له معنيان وكلاهما كانا مسيطران على مجرى الفكر في القرن الـ ١٩.

- فهو يعني في الفلسفة الدينية أن الكون كما هو موجود الآن كان كذلك منذ زمن لا نهائي، وسيظل كذلك أيضًا للأبد وهو ما يخالف النظرة العلمية، أما في الفلسفة العلمية (وتكتب عادة بـ: "**u**" صغيرة، فتعني المبدأ القائل بأن نفس العمليات التي شكلت الكون في الماضي هي الحادثة الآن، وإن قوانين الفيزياء هي ذاتها في كل أجزاء الكون المعروف لنا. وهذا المبدأ أو الفكرة البدهية لم تعد تشير في المناقشات الحديثة إلى مدرسة بعينها، وإنما فقط لمجالات الفلك وعلوم الأحاثة (البحث في أشكال الحياة بالعصور الجيولوجية السالفة، كما تعبر عنها المتحجرات والأحافير أو المستحاثات الحيوانية والنباتية).

- **ألبا باتيرا Alba Patera:**

- بركان فريد السمات يقع إلى الشمال من منطقة ثارسيس **Tharsis** على سطح المريخ وله وقاء بركاني يصل إلى ١٦٠٠ كيلومتر تقريبًا، وبارتفاع حوالي ٦

كيلومترات فى أعلى نقطة وبذلك يصبح أكبر بركان فى النظام الشمسى بالنظر للمساحة والحجم. وله تدفقات رفيعة من الحمم بالنسبة لتدفقات البراكين المريخية الأخرى ذات الوقاء، مع طبقاته الأشبه بالمسطحات ومئات من القنوات الضيقة على جوانبه، والتى يصل معظمها إلى أكثر من ١٠٠ كيلومتر طولاً، وبعضها يصل إلى طول ٣٠٠ كيلومتر، بما يظن معه وجود تنفطات سوائل حمَمِية تستمر لمدد طويلة زمنيًا. وهو يقع على نظام صدوع تَجَرى إلى الشمال من منطقة ثارسيس.

- وهو يختلف عن باقى البراكين المريخية من عدة طرق مثل افتقاده مخزونات الرماد، وكذا لوجوده فى أراضٍ واطئة بدلاً من الأراضى المرتفعة.

- أنتاركتيكا Antarctica:

- وهى الأراضى المكونة لقارة جنوبية تعلو القطب الجنوبى المتجمد وهى محاطة كلية بالمحيط الجنوبى وتبلغ مساحتها ١٤,٤ مليون كيلومتر مربع، وهى بذلك القارة رقم (٥) من حيث المساحة بعد آسيا وأفريقيا والأمريكتين الشمالية والجنوبية ثم أوروبا وأستراليا المتساويتين فى الاتساع، ويغطى الثلج ٩٨٪ من هذه المساحة والذى يصل سمكه فى المتوسط إلى ١,٦ كيلومتر.

- ومن المعروف أنها من أكثر الأماكن برودة وجفافًا، والرياح بين القارات، كما تعد من الناحية التقنية أكبر «صحراء» فى الأرض ولذا لا يسكنها أحد بشكل دائم، وليس ثمة دليل على أى موجودات أو سكان فيما قبل التاريخ، فقط بعض النباتات المتكيفة مع هذه الظروف وبعض الحيوانات ذات الفراء وطائر البطريق (العاجز عن الطيران) والطحالب (أنواع عديدة منها).

- أجريت معاهدة عام ١٩٥٩ وقعتها فى البداية ١٢ دولة، أصبحت ٤٥ فيما بعد، والتى حرمت الأنشطة العسكرية فى القارة، وكذا التعدين أو البحث عن المعادن، ولكن فقط دعم البحوث العلمية وحماية الطبيعة، وهى الأبحاث التى

أجراها حتى الآن ما يقرب من ٤٠٠٠ عالم من مختلف الجنسيات والاهتمامات.

- أورا Aura:

- تسمية للإحساس بالاضطراب الناجم عما يعرف بالصداع النصفى فى الفترة السابقة للصداع، وبعض الذين يعانون من الصرع يتوهمون رؤية ضوء غريب أو برائحة غير سارة، إلا أن الأورا لا تستلزم على نحو ضرورى الإصابة بنوبة الصداع أو الصرع، لأن بعض هؤلاء قد تحدث لهم النوبات من دون الإشارات التحذيرية تلك، والتى قد تفيد فى منع أو التحوط من إحداث أضرار بأنفسهم.

- وتتعدد الإشارات التحذيرية تلك، بدءًا بالتغيرات فى الرؤية، والأضواء المبهرة، والخطوط المتعرجة، والتحريف فى حجوم الأشياء، والشعور بما يشبه الستارة على إحدى العينين، والرؤية النفقية، وتأثير قطع الزجاج الملونة، أو الوميض الخافق، أو النقاط السوداء أمام العين، وسماع الأصوات، والهلوسة الشميّة، أو الشعور بالخدر أو الوخز الخفيف بأحد جنبى الجسد أو الشعور بالانفصال عنه أو الشعور بالخوف أو القلق أو الغثيان أو الضعف أو عدم الاستقرار، ثم عدم القدرة على فهم الكلام المنطوق أو التحدث بطريقة صحيحة.. إلخ. وهى جميعًا قد تساعد فى تحديد أين ستأتى الضربة.

- أوديسا المريخ ٢٠٠١ Mars Odyssey 2001 :

- اسم لمركبة فضائية روبوتيّة أرسلتها هيئة ناسا لتدور فى مدار المريخ، وتركزت مهمتها فى استخدام آلات تصوير ومجسات طيفية لمحاولة اصطياد أدلة أو حتى دليل واحد لمياه فى الماضى أو الحاضر تساعد فى الإجابة عن سؤال عما إذا كانت الحياة تواجدت فى إحدى المرات فوق المريخ، وأيضًا كان منظور إليها كبديل أو وسيط للاتصالات بين عربات استكشاف المريخ مع الأرض.

- وأطلق هذا الاسم على المهمة بعد فيلم «٢٠٠١: أوديسا الفضاء» الشهير ولكى تصبح بهذه التسمية إشارة إلى الفرق بين الخيال الفيلمى وواقع الحياة آنئذ ٢٠٠١».

- أطلقت أوديسا من قاعدة كيب كانيفرال يوم ٢٠٠١/٤/٧ ووصلت إلى المريخ فى ٢٠٠١/١٠/٢٤، واشتعلت نيران المركبة الرئيسية لكبح سرعتها، وتسمح بأن تلتقطها جاذبية المريخ وتظل دائرة فى مدار حوله وفى كل دورة تقترب أكثر منه.

- وباستخدام مناخ المريخ فى تهدئة سرعة المركبة الفضائية بدلاً من إشعال المحركات والمدسرات، فقد وفرت ٢٠٠ كيلوجرام من قوى الدفع أو التسيير، وقد انتهى هذا الكبح فى يناير لتبدأ المركبة مهمتها العلمية فى ٢٠٠٢/٢/١٩.

- **أودية ماك موردو الجافة McMurdo Dry Valleys:**

- عبارة عن صف من الأودية تقع فى قارة أنتاركتيكا بالقطب الجنوبى للأرض فى داخل أرض فيكتوريا إلى الغرب من ماك موردو. والمنطقة تحفل بالعديد من السمات الجيولوجية المثيرة بما فيها بحيرة فيدا **Vida** ونهر أونكس **Onyx** أطول أنهار أنتاركتيكا. وهى أيضًا من أكثر صحراوات الأرض تطرفًا، ومن الشمال إلى الجنوب تقع الأودية الرئيسية الثلاثة: وادى فيكتوريا، ووادى رايت **Wright**، ووادى تايلور **Taylor**.

- وقد استحقت هذه الأودية اسمها من ضعف قابليتها للسكنى وافتقادها لتساقط الثلج أو وجود غطاء جليدى، وهى فى مجموعها تحتل ٤٨٠٠ كيلومتر مربع أى ٢٪ من القارة، وتشكل أكثر مناطقها تحررًا من الثلج: وسطحها مغطى بمواد حصوية متفرقة، والتى قد تلحظ فيها جليدًا صغيرًا مضلع الأجنحة.

- وترجع الظروف الفريدة لهذه الأودية الجافة إلى الرياح الكاتاباتيكية **Katabatic** (من كلمة إغريقية تعنى الهبوط لأسفل **"going down"**). والتى

تحدث عندما يندفع الهواء الكثيف البارد إلى أسفل التلال بسبب الجاذبية (وقد تصل سرعة هذه الرياح إلى ٣٢٠ كيلومترًا فى الساعة) والتى من شأنها تبخير كل الرطوبة والماء والثلج والجليد فى هذه العملية.

- كما وُجدت هناك نباتات بين صخرية **Lendolithic**، حيث كانت محمية من الهواء الجاف ومستفيدة بالرطوبة داخل شقوق الصخور. ولأن المجلدات الذائب بعضها صيفًا والمتدلية فى بعض الأودية تمثل المدد الغذائى للتربة.

- ويعتبر العلماء أن طبيعة هذه الأودية من أقربها فى الأرض شبها بطبيعة المريخ وبيئته، ومن ثم يمكن التبصر فيها للبحث عن حياة فضائية، ولهذا أُعتبرت المنطقة منذ عام ٢٠٠٤ مَحميّة طبيعية لا يجب المساس بها.

- **إيرل مونباتن أوف بورما Earl Mounbatten of Burma:**

- لقب من ألقاب النبلاء بالمملكة المتحدة **UK** أنشئ عام ١٩٤٧ لصالح لويس مونباتن أول فيكونت (نبيل دون الكونت وفوق البارون) لبورما ونائب ملك الهند، وتنص رسائل التنصيب على أن هذا اللقب يورث للأبناء بمشارطات معينة.

- **إيى . كولى Escherichia Coli (E. Coli):**

- وهو نوع من أنواع الباكتيريا البروتينية العديدة والتى تحتسب ضمن المستوى الأسفل من الثدييات والمعروفة باسم "**gotflora**" (مجموعة جراثيم الأمعاء والقادرة على التحوصل). وهى تساعد فى عمليات «الفقد» وامتصاص الغذاء وحماية فيتامين **K**.

- اُكتشفت للمرة الأولى عام ١٨٨٥ على يد الباكتيريولوجى وطبيب الأطفال الألمانى تيودور إشهيريش (والتى التصقت باسمه)، وهى وافرة العدد للغاية لدرجة أن عددها فى غائط أو ما يتبرزه الكائن فى اليوم الواحد يقدر بـ ١٠٠

بليون إلى ٣ تريليونات، وهى ليست مقصورة على هذا الموقع، فقد عثر على عينات منها – على سبيل المثال – على حواف الينابيع الحارة.

- ومن الممكن أن تسبب عدوى داخلية أو حتى خارجية مثل: عدوى الجهاز البولى والتهاب السحايا والتهاب الصفاق والتهاب الأثداء وعفونة الدم وذات الرئة أيضًا. وهى من الناحية الفيروسية تنقسم إلى نوع معوى (المسبب للإسهال فى البشر والخنازير والأغنام والماشية والكلاب والأحصنة)، ونوع ثان متعلق بنشوء المرض (وهو المسبب للإسهال أيضًا فى البشر، والأرانب والكلاب والقطط والأحصنة)، ونوع غازى مهاجم (والذى يوجد فقط فى البشر) ثم نوع يرمز إليه اختصارًا **VTEC** (ويوجد فقط فى الخنازير والماشية والكلاب والقطط) ونوع يرمز إليه اختصارًا **EHEC** (ويوجد فى البشر والماشية والأغنام ويهاجم ما يتعلق ببطن وأحشاء الخنزير بنفس الطريقة التى يهاجم بها البشر) وأخيرًا نوع يرمز إليه بالأحرف **EAGGEC** (وأيضًا يقتصر تواجده فى البشر).

- وكل أصناف هذه الباكتيريا البرازية وكل أشباهها مما تعيش فى الأرض (فى التربة أو فى النباتات المتفسخة، تجتمع تحت مسمى شكل الكولى **coliform**، وهى المجموعة التى تعيش حيث يوجد الأكسجين وفى مياه البالوعات، ولا تكون أبوغة وهى عصوية الشكل (الشبيهة بالعصيان) وسلبية الجرم وقادرة على تخمير اللاكتوز، وإنتاج الغازات، والتى تنطلق من الجسد عند امتلاء البطن بها. ووجود هذه الباكتيريا على سطح المياه يعنى عادة وجود تلوث برازى.

- **إيليزيوم Elysium:**

- المصطلح بهذا الشكل يعتبر الوجه اللاتينى للأصل الإغريقى **Elysium**، وكان من المعتقد فى الميثولوجيا الإغريقية أنها تعنى قسمًا فى عالم ما تحت الأرض يمثل المقر النهائى للأرواح الفاضلة الطاهرة وأصحاب البطولات، وهو على هذا النحو يتشارك مع جنات السماوات فى المسيحية.

- ونجد أن الكلمة تتسم بالغموض والانعزالية والتى تدل على تحديد مكان أو شخص اعتورته الاستتارة أو الطهارة. والمدرسون لذلك يقترحون أن الكلمة ربما انحدرت من التعبير المصرى "**ialu**" والأقدم منه "**iaru**"، والذى يعنى «القصب»، ويرجع فى ذلك إلى العبارة "**sekhet iaru / ialu**" بمعنى «حقول القصب»، والتى بمعنى آخر يقصد بها أرض الوفرة التى يأمل الموتى أن يقضوا فيها الأبدية. ومن ناحية أخرى يرى مدرسو الكتاب المقدس أن المصطلح ينحدر – ربما – من الكلمة **Elisha**، والذى كان طبقًا للكتاب المقدس ابنًا لـ: **Yawan** وهو واحد من أسلاف الإغريق، وربما تعنى إذن نوعًا من تقديس الرب أو إبداء ما يستحقه من احترام.

- هذا وكانت الكلمة قد وردت فى الأدب الكلاسيكى القديم فى أشعار هيزيود **Hesiod** فى «الإلياذة والأوديسا». كما وردت عن فيرجيل **Virgil** فى الإنيادا **Aeneid**، كما أن البعض يخلط أحيانًا بينها وبين فكرة دانتى **Dante** عن جهنم أو أعلى طبقة فيها والتى يذهب إليها غير المعمدّين وغير المؤمنين ولكنهم عاشوا حياتهم أطهارًا وفاضلين، كما ظهرت فى عصر النهضة عند شكسبير **Shakespeare** فى مسرحيته: «الليلة الثانية عشرة» ودخلت الخيال الأوروبى على أنها تمثل مكانًا ممتعًا، وتتابعت بعد ذلك فى الأشعار والقصص.

- **باسيلوس سبتيليس Bacillus Subtilis:**

- وهو جنس من الجراثيم من فصيلة العصويات ويحتوى على ثلاثة من الأنواع التى تسبب الأمراض للإنسان وهى:

١. العصوية الجمرية **anmrocis** والتى تسبب مرض الجمرة الخبيثة.

٢. العصوية الشمعية.

٣. العصوية الرقيقة **subtilis** التى تسبب التهاب الأمعاء والتهاب الملتحمة.

- وهذه الأخيرة عادة ما تتواجد فى التربة، والتى لها القدرة أن تشكل كيسًا قويًا يحفظها ويساعدها على التواؤم مع ظروف بيئية متطرفة.

- كما أن هذه العصويات الرقيقة لا تعتبر مسببة لمرض الإنسان، فهى قد تفسد الطعام أو تلوثه ولكنها نادرًا ما تسممه. وبواغيها يمكنها تحمل الغليان الذى يعد به الطعام، وهى المسئولة عن تكون مادة رغوية وخيوط عصوية فى العجينة الفاسدة للخبز.

- وثمة فوائد لهذا النوع من الجراثيم تتمثل فى:

  - الحرب البيولوجية (ومازالت خطورته محلاً للجدل).
  - كلقاح فى مجال البستنة والزراعة.
  - كثيرًا ما يستخدم كإضافات لمنظفات الغسيل.
  - كنموذج للدراسات المعملية.
  - كما أن لبعض سلالاته نشاطًا ملحوظًا فى إبادة الفطريات.
  - وتستخدم سلالة معينة منه تعرف رسميًا باسم **Bacillus natto** فى الإنتاج التجارى لبعض الأطعمة اليابانية والكورية.
  - يمكنه تحويل المتفجرات لمكونات غير ضارة من النيتروجين وثانى أكسيد الكربون والماء.
  - كما يلعب دورًا فى حفظ فاقد الأشعة الذرية **radionuclide**.
  - تركيبات معينة منه، تساعد فى خفض نفقات إنتاج مادة **PHA**.

- **بروكاريوت (وحيدات الخلية) Prokaryote:**

- ويعتبر من مجموعة من العضيّات التى تفتقد جزيئات الخلية أو أى أغشية محيطة بالأجزاء، وأغلبها وحيد النسيج المتخلل بين الخلايا، وإن كان بعضها وفير الأنسجة، والكلمة ذاتها تنحدر من كلمة إغريقية تعنى حرفيًا: قبل **pro-**، بندقة أو نواة= **Kargon**، مشيرة إلى جزىء الخلية أى أنها من السابقات على التكون الحقيقى العضوى.

- وتنقسم فى العادة إلى مجالين: الباكتيريا والأرشيا **archaea**، وإن كانت ثمة مملكة جديدة هى الباكتيريا الأرشيا **archaea bacteria**، ويعرف عن هذه العضيّات أنها لم تعش فقط، إلا فى ظروف غير ملائمة أو غير مضيافة، مثل الجو المتطرف الحرارة أو المغمور بالأشعة، ولكن أصبحت توجد فى جميع الظروف.

- ومن الواجب أن نميز بينها وبين من يسمون المكتملين الخلية: **eukaryotes** أو **eucaryotes** بمعنى المكتملين الأنوية (أو حقيقوا الأنوية)، لأن هذه الأخيرة تحتوى على جزيئات حقيقية لديها الدنا الخاص بها (كالبشر مثلاً)، والذين قد يكونون متوحدى الخلايا أو يتميزون بوفرة الجزيئات، كما أن لها أغشية تغطى جزيئاتها. هذا والفارق بين تشكيل البروكاريوت والإيكاريوت كبير جدًا، لدرجة أنه يعتبر أهم تمييز بين مجموعات العضيّات، وعادة ما يستعمل المصطلحين كمترادفين.

- وكان كارل ووز **Carl Woese** عام ١٩٧٧ قد اقترح تقسيم البروكاريوت إلى للباكتيريا والأرشيا (جذريًا هى الإيباكتيريا والأرشيا باكتيريا) بسبب الاختلاف فى التركيب الجينى بينها، وبذلك حلّ التقسيم الثلاثى للممالك العضوية محل التقسيم الثنائى التقليدى. أى بدلاً من البروكاريوت والإيكاريوت أصبحت: الإيكاريوت والباكتيريا والأرشيا؛ هذا وتختلف أشكال البروكاريوت فمنها الكروى الشكل والمكور والعصويات الشكل والمنحنى والحلزونى أو المغزلى، وهى تتواجد فى مختلف بيئات الأرض، إلا أن نوع الأرشيا بصفة خاصة فهو لا يزدهر إلا فى البيئات الخشنة مثل الحرارة المرتفعة أو المفرطة الملحية، وعادة ما يشار إلى هذه النوعية من العضيّات بـ: عاشقات التطرف "**extremophiles**" وكثير من البروكاريوت يعيش متطفلاً فى أو فوق عضيّات أخرى بما فيها البشر.

- بلبارا Pilbara:
- وتعنى حرفيًا فى اللغة الأصلية للبلاد: جاف.
- وهى منطقة فى الشمال الغربى لأستراليا ذات طبيعة جغرافية خاصة من بين المناطق التسع، المقسمة إليها أستراليا، وتتكون من قطاعات أشبورن وشرق بلبارا وبورت هيدلاند ورى إيبورند، وتتميز بالمناجم، وبأنها موطن لثعبان الأصلة (ثعبان كبير الحجم جدًا). الزيتونى اللون، والذى يتعرض لخطر كبير بسبب الإهلاك الحادث فى موطنه.
- وتغطى المنطقة مساحة قدرها ٧٠٩,٨٩٦ كيلومتر مربع، بما فيها الجزر خارج الشاطئ، ولا يسكنها سوى ٤٠,٠٠٠ ساكن تقريبًا والذين يقطنون فى مدن المنطقة: بورت هيدلاند وكاراثا ونيومان وماربل بار.
- وتتكون بلبارا من ثلاث مناطق مميزة جغرافيًا، فهناك الثلث الغربى منها والذى يشمل السواحل الرملية ويعد المصدر الاقتصادى الأساسى لبلبارا صناعيًا وتجاريًا ثم الجزء الشرقى، والذى يقترب من كونه صحراء بالكامل وتتناثر فيه السكنى من قليل من الشعب الأبورجينى (السكان الأصليون).
- ويتنوع الجو فى بلبارا إلى جاف وشبه جاف مسفوعًا بالحرارة وقليل الأمطار وتصل حرارته فى الصيف إلى ما يجاوز ٣٢° مئوية تقريبًا كل يوم، كما أن درجات الحرارة التى تصل إلى ٤٥° درجة مئوية ليست من بين غير المعتاد حتى إن بلدة ماربل بار كثيرًا ما يُدّعى بأنها أكثر الأماكن حرارة. والتى سجلت مرة ١٦١ يومًا متتابعًا دون انقطاع بدرجة حرارة تزيد على ٣٧,٨° درجة مئوية.
- يقوم الاقتصاد فى المنطقة على مناجم خام الحديد والصناعات البترولية، ولذا قامت فيها سكك حديدية ثقيلة لخدمة هذه الأهداف والوصل بين المدن الرئيسية.

- **بانجالور Bangalore:**

- مدينة في الهند تصل مساحتها إلى ٧٤١ كيلومترًا مربعًا وعدد نسماتها إلى ٥,٢٨٠,٠٠٠ نسمة وهي عاصمة ولاية كارناتاكا **Karnataka** وتقع في الجزء الجنوبي الشرقي منها، وتعتبر من ناحية عدد السكان ثالث المدن الهندية ازدحامًا وسادس المناطق الحضرية بها.

- وبعد حصول الهند على استقلالها عام ١٩٤٧ انخرطت بانجالور في محور الصناعات الثقيلة، وبصفة خاصة طيران الفضاء والاتصالات وقطع غيار الماكينات، والمعدات الثقيلة والدفاع، وبعد تحرير الاقتصاد الهندي، قامت بها مؤسسات ناجحة في مجال الـ سوفت وير أدى إلى نهضة ونمو تقنية المعلوماتية كصناعة، حتى إنه يشار إلى هذه المدينة كوادي سيلكون الهند حيث تمثل منتجاتها ٣٥٪ من صادرات السوفت وير الهندية.

- كما أصبحت المدينة تعرف بأنها من أحسن المدن التي تمارس فيها الأعمال، وبأنها موطن لكليات جامعية لها احترامها ومؤسسات بحثية كذلك، كما تعتبر في نطاق الأمة الهندية بأنها ثاني أكبر المدن التي نجحت في محو الأمية بين قاطنيها، ولو أنها مازالت تكافح من أجل التغلب على مشاكل تلوث الجو والاختناقات المرورية.

- **التطفلية Parasitism:**

- وهي نوع من العلاقة التكافلية بين نوعين مختلفين من العضيّات الحية، حيث يستفيد المتطفل من مضيفة على مدى وبمشاركة طويلة، والذي عادة ما يتأذى (المضيف) من ذلك. وبصفة عامة فإن المتطفل عادة ما يكون أصغر كثيرًا من مضيفة وعلى درجة عالية من التخصص في مجرى حياته، فضلاً عن سرعة تكاثره البالغة بالنسبة لمضيفه، والمثال التقليدي على التطفل هو التفاعل بين الفقاريات كمضيفين والدودة الشريطية وجرثومة الملاريا والديدان المثقبة (ضرب من الديدان العريضة) والبراغيث.

- والمتطفل يضعف حيوية المضيف بطرق مختلفة بصفة عامة أو من خلال نماذج تخصصية كأمراض بعينها، وحتى تغييرات فى سلوك المضيف، فضلاً عن أنها تستغل المضيف فى توفير غذائها وموطنها وقابليتها للتحرك. والنوع الذى يعيش فيها داخل المضيف تسمَّى المتطفل الداخلى **endoparasite** مثل: **hookworms**، أما التى تعيش على سطحه (جلده) فتسمى متطفلاً خارجيًا **ectoparasite**، مثل بعض أنواع السوس أو العث **(mites)**.

- أما ما يعرف بالمتطفل التالى **epiparasite**، فهو ذلك النوع الذى يتغذى على المتطفل الأول أو الأساسى، وهذه العلاقة أحيانًا ما يشار إليها بالتطفل المتطرف: **hyperparasitism**، والمألوفة فى عالم الحشرات وعلى سبيل المثال فإن بعض يرقات الدبابير أو الذباب تعتبر متطفلاً داخليًا على يرقات نوع معين من الدبابير، والتى عادة ما تنقلب إلى متطفل على يرقات خنفساء الخشب.

- هناك أيضًا ما يعرف "**parasitoids**"، ويقصد بهم المتطفلون الذى يتسببون فى موت المضيف بسبب إصابته بعدواهم بسبب نقص الغذاء لديه (فى التطفل السارق **Kleptoparasitism**، حيث يتغذى المتطفل على الغذاء الذى يجمعه المضيف، أو مثلاً عندما يلجأ بعض أنواع الوقواق إلى وضع بيضة مع بيض طائر آخر ويستخدمه بذلك كجليسة أطفال لصغاره ويربيه الأخير كأحد أبنائه) أو بسبب فقده لأنسجته الرقيقة. وهنا يشار إلى أن هذا النوع المميت من المتطفلين يكنى: **necrotrophs**، لأنه لا يعيش فى أو على مضيف ميت.

- **التقسيمات الفرعية للعصر الكامبريانى Cambrian subdivisions:**

- العصر الكامبريانى يأتى بعد العصر النيوبروتيروزويكى **Neoproterozoic** وقبل العصر الأوردوفيكيانى **Ordovicion**، وينقسم الكامبريانى إلى ثلاث مراحل: الباكر والمتوسط والمتأخر، كما أن صخور هذه الفترة عادة ما تشير إلى أنها متعلقة بالأدنى والأوسط والأعلى الكامبريانى.

- وكل من هذه الفترات الثلاث ينقسم إلى مستويين من حيوانات الحقبة الزمنية، وواحدة منها جميعًا وهي البابيان **Paibian** قد تميزت بصلتها بالبعثة الدولية لعلم الطبقات الجيولوجية والتي أعطتها الاسم، بينما باقي الحقب لم تحظ بأسماء بعد.

- ومدى توقيت الفترة يظن – على نحو تقليدي بأنها تشكلت قبل ما بين ٥٠٠ و ٥٧٠ مليون سنة، والحدود الواطئة في تلك الفترة ظهرت فيها مبكرًا – كما يعتقد – حيوانات تقطن الحيود البحرية، وفي نهاية المرحلة ظهرت ما يشبه الثورة في تشكلات الحيوانات، حتى إنها تعرف بمرحلة الانقراض، هذا وإن كانت الأحفورات المكتشفة في الربع الأخير من القرن العشرين مثلها مثل التأريخ الإشعاعي، قد وضعت هذه التواريخ محل تساؤل. وترجع صعوبة التحديد الزمني إلى أن الأحافير لم يحصل عليها إلا من مناطق قليلة، وهي أيضًا التي تم فيها حساب التأريخ الإشعاعي والتي لم تصبح تحليلاته متاحة إلا مؤخرًا، وحتى التأريخ البديل (كما لو أن أ تسبق ب) والكافي للدراسات ترجع صعوبة الاعتماد عليه في عدم تطابق الصخور مع الصخور المنسوبة لنفس الفترة في قارات أخرى.

- وثمة ما يعرف باسم الانفجار الكامبرياني الذي يصف سرعة ظهور معظم الحيوانات المعقدة التركيب والتي تشير الأحافير إلى أنها ترجع إلى ٥٣٠ مليون سنة. والذي صاحبته تقسيمات مهمة في التنوع بين العضويات، حيث كانت قبل ذلك بحوالي ٥٠ مليون سنة وحيدة الخلية ومنفردة لتتحول فجأة إلى مستعمرات منها. وهذا الانفجار هو ما أنشأ نوعًا من التحدي في المناقشات بين العلماء حول المسألة.

- **التشوش (الهوس) أو الفوضى Chaos:**

- نتفق في البداية على أن هذين التعبيرين مثل كثير من المصطلحات العلمية يمثلان تعبيرين تقنيين لا يتفقان بالضرورة مع الدلالة التي يشيران إليها في الاستعمال العادي للكلمات. ومن ثم فهما (أيهما) ينصرف في العلم إلى أمرين متقابلين:

١. النشوء من خلال انبثاق.

٢. الانتظام الكامل فى مجال الظـواهر الفيزيائيـة والـذى يمكـن وصـفه بمصطلحات محددة وأرقام رياضية ومقاييس لها نماذج معينـة وبالتـالى قابلة للتنبؤ بسلوكها فى الأغلب الأعم.

- والمثال المبسط لهذا الأمر هو إمكانية الحفاظ على مدى معين لتأرجح بنـدول على فترات منتظمة وبنفس القدر. وذلك هو النظام. وبالمقابل هنـاك زخـات المطر حيث تصطدم القطرات مع جزء صغير من السطح وفى فترات غيـر منتظمة ولا يمكن التنبؤ بها إلا فى حدود معينة وقد خضعت مثلها مثل سـائر الظواهر الفيزيائية للبحث الفيزيائى والرياضى.

- التعايش **Symbiosis**:

- وترجع الكلمة فى جذرها إلى الكلمة الإغريقية **Biootic** بمعنى عائش و **sym** بمعنى معًا، وبالتالى فهى تشير إلى وصف مختلف درجات العلاقات القريبـة بين أعضاء حيّة من نوع مختلف، وكان الذى استخدم المـصطلح لأول مـرة الميكروبولوجى (علم دراسة الفطر وتصنيفه وتأثيره «الفطريات») الألمـانى هنريش أنتون دى بـارى **Heinrich Anton de Bary**، الـذى عرّفـه بـ: «العضويات غير المتشابهة التى تعيش مع بعضها»، منتويًا بـذلك أن يـضم التعريف كل العلاقات القريبة من ذلك كتعايش فـردين أو مجمـوعتين مـن نوعين مختلفين بحيث يستفيد كل منها بالآخر أو أن يعيش أحدهما معتمدًا على الآخر، ولا يستطيع البقاء من دونه (الطفيلية **parasitism**)، أو المؤاكلة بمعنى التشارك فى نفس نوع الغذاء، بحيث يستفيد أحد الطرفين على الأقل، كما يعمد البعض إلى تضييق التعريف على العلاقـة التـى يـستفيد منهـا الطرفـان المتعايشان، وهنا يصبح المصطلح مترادفًا مع التعادلية.

- وللتعايش فى النهاية عدة أنواع:

- التعادلية أو المشاركة، والتى يستفيد منها الطرفان بالقدر نفسه (+ +).
- المعايشة التى يستفيد منها أحد الطرفين، بينما لا يعانى الآخر من مخاطر حادة.
- الأمينساليزم **Amensalism**، حينما يكون التشارك لا يمثل ميزة لأحد الطرفين، بينما الآخر غير متأثر بشىء (−صفر).
- الطفيلية (العالة) التى فيها يستفيد أحد الطرفين بينما يضار الآخر (− +).
- التنافسية وهى الحالة التى يضار فيها الطرفان (− −).
- التعايش البيئى الذى يعيش فيه المشارك على سطح جسم المضيف وأيضًا بداخل النسج الطولية للألياف العصبية والقنوات الخارجية للغدد.
- التعايش الداخلى والذى يحيا فيه المتعايش داخل النسيج الرقيق للمضيف، سواء داخل الخلايا أو خارجها.

- **التمثيل الضوئى Pholosynthesis:**
- والمقصود به تحويل الضوء إلى طاقة كيميائية بواسطة الأعضاء الحية عبر مواد أولية مكونة من ثانى أكسيد الكربون والمياه، ومصدر ضوئى (نور الشمس) والتى فى النهاية تنتج جولوكوزًا (سكر سداسى وحيد يوجد فى الأغذية ويعتبر مصدرًا رئيسيًا للطاقة اللازمة لحياة الكائنات العضوية) والأكسجين.
- ومن المتفق عليه أنه أهم طرق البيوكيمياء على الإطلاق، باعتبار اعتماد الحياة عليه تقريبًا، وهى عملية معقدة تجرى فى النباتات العليا والنباتات المائية (أنهار، بحار، أراض رطبة، سواء وحيدة الخلية أو بجذور وساق وأوراق) كما تحدث أيضًا فى بعض أنواع الباكتيريا مثل النوع الذى لا يحتاج للأكسجين **cyanobacteria**.

- ويتم ذلك كله في مرحلتين الأولى يقوم فيها التفاعل المستقل للضوء بامتصاص الطاقة ليستخدمها فى صنع جزيئات عالية الطاقة، وفى المرحلة الثانية يستخدم هذه الأخيرة فى اقتناص ثانى أكسيد الكربون وصنع الكربوهيدرات، وتعرف هذه المرحلة رسميًا بـ: التفاعلات السوداء.

- ثيثيوس **Theseus**:

- ملك أسطورى لأثينا تدور قصته بين ٤٤٠ و٤٣٠ قبل الميلاد، ووالدته هى إيثرا **Aethra**، ولكن يشترك فى أبوته اثنان هما: إيجيوس **Aegeus** وبوسيدون **Poseidon** (إله البحر والزلازل) الذى عاشرته ليلة واحدة. وهو مؤسس لبطولة، مثله مثل بيرسيوس **Perseus** وكاديموس **Cadmus** أو هرقل **Heracles**، الذين تحارب كل منهم مع أعدائه وخصومه وهزمهم، والمنتمين جميعهم للميثولوجيا الإغريقية القديمة المرتبطة بدورها بآلهة متعددة للظواهر الطبيعية والقنطور (كائن خرافى نصفه رجل ونصفه فرس) والتنانين (جمع تنين). وكما كان هرقل مصلحًا وبطلاً دوريانيا **Dorian**، فإن ثيثيوس هو البطل المصلح الأيونى «**Ionian**».

- وتقول الأسطورة إنه فى ليلة زواج إيثرا من إيجيوس أبحرت إلى موقع ضاجعت فيه بوسيدون، وهذا الخلط فى السائل المنوى بين الرجلين أنشأ جزءًا مقدسًا فى بطلنا الوليد حيث اشتركت فيه صفتا الخلود والفناء، شأن معظم أبطال الإغريق، وتستطرد الأسطورة بالقول بأنه عندما حملت به إيثرا قرر إيجيوس العودة لأثينا، ولكن قبل ارتحاله قام بدفن صندله وسيفه تحت صخرة كبيرة وطلب من زوجته أن تجعل الابن المنتظر بعد اكتمال نموه، وإذا كان بطلاً بشكل كاف، أن يحرك الصخرة ويستأثر بسيف أبيه وهو ما فعله الابن الذى نشأ فى أرض والدته شجاعًا فتيًا، والتى أطلعته على حقيقة أبوته المزدوجة، وبأن عليه أن يطالب بحقه المكتسب من ألوهية بوسيدون، وبالفعل يختار ثيثيوس الوصول لأثينا من أصعب الطرق البرية، مكتسحًا كل العواقب

التي صادفته من وحوش وأشرار خرافيين، وما نحو ذلك إلى نهاية القصة (الأسطورة) التي يصبح فيها ملكًا لأثينا وبطلاً ومصلحًا.

- جبل أوليمبوس Olympus Mons:

- يعتبر أعلى بركان في نظامنا الشمسي، ويقع على كوكب المريخ عند حوالى ١٨ درجة شمالاً و ١٣٣ درجة غربًا. وكان ذلك قبل أن تؤكد مجسات الفضاء أنه جبل، وكان من قبل مشكوكًا فى هذا منذ القرن ١٩.

- هذا التشكل الضخم الذى يرتفع ٢٧ كيلومترًا عن أقل مستوى فى سطح المريخ (حوالى ثلاثة أضعاف ارتفاع قمة إيفرست) وعرضه ٥٥٠ كيلومترًا، وعلى جوانبه جروف شاهقة وست حفر عميقة، وعلى إحدى حوافه جرف يصل ارتفاعه إلى ٦ كيلومترات.

- هذا الحجم الهائل مع سطوحه الضحلة يعنى أنه لو وقف امرؤ على سطح المريخ حتى عند انحناء الكوكب (باعتباره مستديرًا أو كروى الشكل)، فإنه يستطيع أن يرى الجزء العلوى من مشهده الجانبى.

- وثمة التباس فى أن قمة جبل أوليمبوس تعتبر فوق الغلاف الجوى المريخى. فى حين أن الضغط الجوى على القمة يعادل من ٥ إلى ٨٪ من الضغط عند سطح المريخ. وهناك أيضًا الغبار المريخى المحمول جوًا يتصاعد إلى القمة وكذلك السحب الثلجية المحملة بثانى أكسيد الكربون تغطيها. ومع أن الضغط الجوى المريخى عند سطحه يمثل ١٪ من مثيله على الأرض، فإن انخفاض الجاذبية المريخية تسمح بتصاعد المناخ لعلو أكثر من المألوف.

- ومن الناحية البركانية فإن جبل أوليمبوس يعتبر بركانًا مغطى، وكنتيجة للتدفقات الهائلة للحمم من فتحاته عبر مدة طويلة من الزمن، وهى الفتحات التى يصل عرضها إلى أكثر من ارتفاعه، فإن مستوى جوانبه المنحدرة تعتبر تدريجية جدًا. وقُدّر عمر جانبه الغربى من الصور المرسلة من الأقمار التى

أُرسلت إلى مداره عام ٢٠٠٤ بأن سطحه يصل من حيث العمر إلى ١١٥ مليون سنة، وأن المنطقة التى وصلت إليها اللافا (الحمم) لا يزيد عمرها على ٢ مليون سنة، بما يعنى أنه من المحتمل أن جبل أوليمبوس مازال يشتمل على أنشطة بركانية فى قاعه.

- هذا وتعتبر جزيرة هاواى فى كوكب الأرض كمثال مشابه للبراكين المغطاة على مستوى أكثر صغرًا.
- **جرين لاند (بما يعنى حرفيًا: الأرض الخضراء) Greenland:**
- مقاطعة تتمتع بالحكم الذاتى فى مملكة الدنمارك تحت حكم مارجريت الثانية، وتصل مساحتها إلى ٢,١٦٦,٠٨٦ كيلومترًا مربعًا، بما يماثل ربع مساحة الولايات المتحدة الأمريكية، وتقع بين أراضى القطب الشمالى والمحيط الأطلنطى، فهى ترتبط جغرافيًا بقارة أمريكا الشمالية إلا أنها ترتبط سياسيًا وتاريخيًا بأوروبا وبصفة خاصة أيسلندا والنرويج والدنمارك، وتعتبر أكبر جزيرة فى العالم، ولكنها ليست فى عداد القارات.
- فى ١٩٧٨ ضمنت لها الدنمارك استقلالها الذاتى وساوت بينها وبين مقاطعات سائر المملكة.
- عاصمتها مدينة نوك **Nuuk**.
- **جزيرة أكيليا Akilia Island:**
- وتقع فى غرب جرينلاند على مبعدة ٢٢ كيلومترًا جنوب مدينة نوك (عاصمة جرينلاند) وتعتبر موقعًا لصخرة أو صخور يعدها الجيولوجيون أقدم صخور رسوبية معروفة وربما أقدم دليل على الحياة فوق الأرض أو فى أى مكان آخر.
- هذا التشكل الجيولوجى عند قمة الطرف الجنوبى للجزيرة، توصل أهل الاختصاص إلى تقدير أقدميتها إلى ما لا يقل عن ٣٨٥ مليون سنة اعتمادًا على الشريط البركانى الذى يقطع تلك الصخور، بل ربما أقدم من ذلك.

- كثيرًا ما يُدَّعى بأن رسوبيات أكيليا تحتوى على أشرطة حديدية ومن المظنون أنها نتيجة للأكسجين الذى تزفره كائنات عضوية تعتمد على التمثيل الضوئى، متضامًا إلى حديد متحلل لتحويله إلى أكسيد حديد غير قابل للذوبان.

- كما يعتقد أنه إذا كان ذلك صحيحًا، فسيكون الوقت المتاح للحياة لتنظيم نفسها ضيقًا على نحو ما، بالنظر إلى أن أدلة أخرى تقترح أن الأرض لم تكن مستعدة لاستقبال الحياة قبل ٣,٩ مليون سنة (3.9Gα).

- **جهنم Hell:**

- وهى الكلمة المألوفة فى الديانتين المسيحية والإسلامية، إلا أن لها ملفوظات أخرى حول ذات المعنى فى مختلف العقائد مثل: **Duat, Diyu, Narako, Limbo, Jahannam, Hel, Hades, Gehenna, Yomi, Tartarus, Sheol, Purgatory** وهى جميعًا تتعلق بموضوعات: مشكلة جهنم، والشيطان، والنار، والكبريت، والتعذيب بالنار، الظلام الخارجى.

- وطبقًا لمختلف الديانات والعقائد تعنى العذاب الذى يعانيه الخاطئون والضالون والأشرار فيما بعد الحياة، وفيما خلا المسيحية والإسلام فعادة ما تشير إلى عالم ما تحت الأرض أو المكان الكئيب المظلم البارد.

- وبعض الثيولوجيين المتخصصين يصفون تفاصيل عديدة لما سيحدث فيها، وباعتبارها دائمة، أما العقائد القائمة على الدورات (كبعض المعتقدات الهندية والصينية مثلاً)، فيرون فيها فترة توسطية بين الحياة والصورة المستنسخة من المرء بعد ذلك بمعنى أنها ليست أبدية.

- وبالمقارنة مع جهنم، فهناك مقام أو موطن الموتى أو ساكنو الجنان، حيث يمثل مقام كل الموتى مكانًا محايدًا للجميع، أكثر منه تعذيبًا للخاطئين بصفة عامة، فيما عدا بعض الموتى المختارين لسكنى الجنة فور الموت مباشرة.

- ويشير الفهم الحديث لجهنم إلى معنى تجريدى كحالة من الفقد والضياع، أكثر منه تعذيبًا حرفيًا تحت الأرض.

- **الحجر النيزكى أورجيل Orgueil meteorite:**

- حجر نيزكى كربونى سقط من الفضاء فى ١٨٦٤/٥/١٤ بالقرب من مدينة أورجيل بجنوب فرنسا (لا يُعرف إلا سبعة من الأحجار النيزكية التى تشبهه وهو يعد من أكبرها)، وقد تهشم إلى عدة أجزاء يمكن مشاهدتها فى متاحف التاريخ الطبيعى فى أوروبا والولايات المتحدة، أما المتحف الفرنسى، فلديه أكبر قطعة من الحجر وتزن ١١ كيلوجرامًا.

- وفى عام ١٩٦٢ أعلن ناجى **Nagy** وزميل له، أنهما اكتشفا عناصر منظمة مختفية فى فجوات الحجر، والتى يمكن أن تكون كائنات حية من أصل فضائى خارجى، وترتيبًا على ذلك؟ فإن هذه العناصر سرعان ما تعرضت للتعقيم بسبب التلوّث الذى أصاب الحجر.

- فى عام ١٩٦٥ عثر فى شريحة من الحجر كانت محفوظة بإحكام فى قارورة زجاجية منذ اكتشافه على كابسولات لبذور داخل تلك الشريحة بينما طبقة الزجاج الخارجية قد استمرت دون أى اضطرابات. وبالرغم من الإثارة فى بداية الأمر فقد بدا أن الاندفاع الأوروبى قد أفسد الأمر وظهر بعد ذلك أنها خدعة قصد بها رفع شأن الجدل القائم فى القرن الـ ١٩ لحساب تحول مادة غير عضوية إلى عضوية.

- **حزام كويبر Kuiper belt:**

- وأحيانًا ما يطلق عليه حافة حزام كويبر **Edgeworth-Kuiper belt** وهو منطقة من النظام الشمسى وراء الكواكب تمتد إلى مدار الكوكب نبتون **Neptune** (إله البحر عند الرومان، وفى الترتيب هو الثامن من حيث البعد عن الشمس)، وهو مثله مثل حزام الكويكبات ولكنه أكبر حجمًا منه (حوالى

٢٠ مرة من عرضه ومن ٢٠-٢٠٠ مرة من ضخامته)، ويتكون مثله من أجسام صغيرة (متبقية من تشكلات النظام الشمسى وعلى الأقل كوكب قزم واحد مثل بلوتو **Pluto**)، ولكن بينما يشتمل حزام الكويكبات أساسًا على الصخور والمعادن، فإن حزام كويبر يشتمل بشكل واسع على أجسام متجمدة ملساء قابلة للطيران مثل الميثان والأمونيا والمياه.

- ومنذ اكتشاف هذا الحزام عام ١٩٩٢ لأول مرة، فإن الأشياء المعروفة من مكوناته تزايدت إلى ما يزيد على الألف عددا وأكثر من ٧٠,٠٠٠ من الأجسام الصغيرة (وتكنى اختصارًا: (**KBOs**)، ومن المعتقد أنها باقية هناك، ومن المعتقد أيضًا أنه يُعتبر مخزنًا للمذنبات الدورية المتكررة بانتظام وهى تلك التى يستمر مدارها أقل من مائتى عام، كما يُعتقد أن المذنبات ذات الشكل القنطورى (القنطور حيوان خرافى له جسد إنسان ومؤخرة فرس)، والتى تدور حول الغازيات العملاقة يرجع أصلها إلى هناك. كما يمتد المعتقد إلى أن الأجسام ذات شكل القرص المتناثرة (مثل ما يحمل اسم إيرس **Eris**) والتى تأخذ مدارًا، ومثل قمر نبتون المسمى ترتيون **Triton** الذى اقتنصه الحزام ضمن مجموعته، وهى جميعًا كذلك.
- هذا ويعتبر بلوتو القزم من أكبر ما هو معروف من مجموعة مكونات الحزام، والمعتبر بصفة أصلية ككوكب، وله خواص فيزيائية تتشابه ومألوفة عن مكونات الحزام، ومن المعروف منذ بواكير تسعينيات القرن الماضى أنه يشارك فى مدار عدد يشبه مكونات الحزام الصغيرة والمسماة حاليًا البلوتينيات **plutinos**.
- **الحمض الريبى النووى منقوص الأكسجين (الدنا) Deoxribonucleic Acid (DNA):**
- هو حمض جزيئى يحتوى على التعليمات الجينية، التى تقوم بعملية نماء ووظيفية أى كائن حى معروف، ودوره الرئيسى إذن يتحصل فى الحفظ طويل

المدى على المعلومات، ودائمًا ما تقارن الدنا بمنظومة: الطبعة المبدئية، طالما كانت محتوية على التعليمات اللازمة لبناء مكونات الخلية مثل جزيئات البروتين وجزيئات الرنا **RNA**، وأجزاء الدنا التى تحمل هذه المعلومات تسمى جينات "**genes**"، وكعمل مساعد للدنا هو قيامها بتنظيم كيفية استخدام هذه المعلومات الجينية.

- ومن الناحية الكيميائية فإن الدنا عبارة عن «بلمرة» (تجميع) لوحدات بسيطة تسمى نيوكليدات وعمودها الفقرى مصنوع من ذرات السكر والفوسفات والتى يوثقها أو يربطها معًا مادة تسمى «إستر» «**ester**» (عبارة عن مركب كيميائى ناتج عن اتحاد مادة كحولية مع مادة حمضية) ويتصل بكل ذرة سكر واحد من أربعة جزيئات تسمى «قواعد» **bases**، وتقوم هذه القواعد مع ذلك العمود الفقرى بتشفير المعلومات، والتى تتم قراءتها لاحقًا باستخدام الشفرة الجينية، والتى تخصّ العملية التبعية للحمض الأمينى مع البروتين. والشفرة تتم قراءتها باستنساخ امتدادات للدنا فى الحمض الأمينى ذى الصلة أو المختص. أما وظيفة الرنا فهى عملية تعتبر أول مراحل تعبير الجينات، عما تحمله من معلومات وراثية، ومعظم جزيئات الرنا تستخدم فى تركيب البروتين، أما الباقى فيستخدم مباشرة فى منظومة «الريبوسومات» **ribosomes** والسبليسيومات **Spliceosomes**.

- والدنا داخل الخلايا تنتظم فى كروموسومات ويقال لها «صبغيات»، والتى تحوى كل منظومة من هذه الأخيرة تقوم بتجميع المجموع الكلى للصفات الوراثية للكائن، وهذه الكروموسومات يتم نسخها قبل انقسام الخلية.

- وفى الكائنات المنتمية لأسرة إيكاريوت **Eukaryote** مثل الحيوانات، والفطر فهى تحفظ الدنا داخل جزيئات الخلية، بينما المنتمية لأسرة البروكاريوت **prokaryote**، مثل الباكتيريا، فنجدها فى سيتوبلازم الخلايا، وفى داخل الكروموسومات فثمة بروتين الكروماتين **chromatin** (المادة المكونة

للصبغيات ويتألف من الدنا، متحدًا بالبروتين) مثل «الهستون **Histone**» حيث يتحد أو يندمج الجميع لمساعدة الدنا وتنظيمه بحيث يــتحكم فــي التفــاعلات الجارية.

- **حياة نفسية (الظواهر النفسية ككل) Psyche:**
- وقد استخدم المصطلح عبر الميثولوجيا الإغريقية بمعنى المفهــوم الإغريقــى للنفس أو الذات أو العقل أو الروح.
- وثمة حجر نيزكى باسم **16 psyche**.
- كما يشير نفس المصطلح إلى نوع من الحشرات من أسرة قشريات الأجنحــة كالفراشات وغيرها.
- **دودو Dodo:**
- ينتمي الدودو لمملكة الحيوان من النوع الفقارى أو ذات الحبل الظهرى وهــو نوع من الطيور (غير القادرة على الطيران) وينسب لأسرة الحمــام واليمــام ويصل ارتفاعه، وهو منتصب، إلى المتر الطولى، ويتغــذى علــى الفواكــه ويبيض على الأرض.
- وكان هذا النوع قد تم تمييزه فى النصف المتأخر من القرن ١٧، وتم تــسجيله كقابل للانتساب إلى النشاط البشرى. وتطلق العبارة الوصفية «ميت كالدودو» لتعني: أنه لا مجال للشك أو التساؤل عن أنه ميت حقيقة. وعبارة «إنه يمضى فى طريق الدودو» لتعنى: أنه متميز أو مهجور أى أن استعمالاته شــائعة أو تطبق كثيرًا، أو بمعنى: أنه قد أصبح عتيقًا وينتمى إذن للماضى.
- جذر المصطلح «دودو» ليس واضحًا فربما يرجع إلى تسمية هولندية أو ربما برتغالية والتى نطقوا الكلمة **doudo**، وبشكل شائع **doido** بمعنى «أحمق» أو «مخبول» كما أن اللغة البرتغالية إن تكرر منها مقطعين لغــويين متــشابهين

فإنهما يشيران إلى اللغة الطفولية. وبذلك تظل كل تلك الفروض وغيرها في نفس المجال مجرد فروض ظنية.

- **ذات الرئة Pneumonia:**

- مرض يصيب الرئة والجهاز التنفسي بشكل عام بسبب قيام المرء أو المريض من خلال الرئة باستنشاق الهواء لامتصاص الأكسجين منه، وباعتبار الهواء معبأ بالباكتيريا المسببة للمرض، ومن هنا – خاصة في حالة ضعف جهاز المناعة لأي سبب – فمن المحتمل أن تهاجم الباكتيريا الصدر لتلهبه وتغمره بالسوائل. وهذا المرض قد يحدث بسبب يرجع إلى الباكتيريا أو الفطر أو الفيروسات أو الطفيليات، وأيضًا بسبب الإصابات الفيزيائية أو الكيماوية التي قد تقع للرئة.

- وفضلاً عن غمر الرئة بالسوائل فهو يحجز الأكسجين عن الوصول لمجرى الدم. وعادة ما يصاب المريض بالكحة المصحوبة ببصاق يميل لونه للاخضرار أو الصفار، إضافة لارتفاع الحرارة والارتعاش اللا إرادي بسبب الإحساس الزائد بالبرودة، وألم وخزي حاد في الصدر أثناء الكحة أو أخذ نفس عميق وربما تكون الكحة مدممة، والصداع، وميل الجلد للون الأزرق، والإسهال والقيء وتقلبات المزاج وآلام المفاصل، وفي بعض أنواع ذات الرئة (طبقًا للنوع المسبب لها من الميكروبات) قد يعاني المريض من ألم الأمعاء ونقص الوزن والتعرق الليلي.

- **الرنا RNA:**

- الحامض الريبي أو الرنا هو جزيء حمضي يتكون من عديد من النيوكليدات المتشكلة في صورة بلورات (متبلمرة) وكل نيوكليد يتألف من قاعدة نيتروجين، ثم سكر ريبي، ثم فوسفات. والرنا تلعب عدة أدوار مهمة في عملية ترجمة المعلومات الجينية بالحامض الريبي منقوص الأكسجين (الدنا) إلى بروتينات.

وطراز واحد من الرنا يعمل كمرسال بين الدنا وبين البروتين كتركيب معقد يعرف بالريبي، كما أن تشكلات حيوية أخرى من البروتين في البناء الريبى تعمل كدور رئيسي وضروري لجعل الأحماض الأمينية تستخدم على نحو صحيح في تركيب البروتين وفي تحفيز الجينات بحيث تصبح نشطة.

- والرنا متشابهة جدًا مع الدنا، ولكنها تختلف عنها في تفصيلات تركيبية مهمة، فالرنا عادة مكونة من شريط واحد بينما الدنا تتكون عادة من زوج من الأشرطة، ونيوكليدات الرنا تحتوى على الحامض الريبى بينما الدنا تحتوى على الحامض الريبى المنقوص الأكسجين (تنقصه ذرة أكسجين)، ومن ناحية أخرى تستخدم الرنا في تركيبها يوراسيل النيوكليدات بدلاً من الثيامين الموجود في الدنا. ولو أن الرنا منسوخة من الدنا بواسطة إنزيمات تسمى متبلمرات الرنا وبصفة عامة فثمة مزيد من العمليات بمعرفة إنزيمات أخرى بعضها توجهه رنا غير مشفرة.

- يتركب الرنا كيميائيًا من حامض ريبي متبلر يقوم على الفوسفات، ويمثل عموده الفقرى مع أربعة مختلفة من النيوكليدات القاعدية: الأدينين، الجوانين، والسيتوزين، واليوراسيل، ويلاحظ أن الثلاثة الأولى هي نفسها الموجودة في الدنا، ولكن في الرنا فقد حَلَّ اليوراسيل محل الثيامين وكقاعدة متممة للأدينين – كما أن هناك في الرنا عديدًا من القاعديات والسكر المُعَدَّين لخدمة أدوار أخرى متعددة (ما يقرب من مائة نيوكليد متخصص، يحدث طبيعيًا في الرنا وليست بعد مفهومه تمامًا).

- **سالمونيللا Salmonella:**

- هي نوع من أنواع الباكتيريا البروتينية، اكتسبت اسمها من عالم الباثولوجي (علم الأمراض ومسبباتها) الأمريكي والبيطرى وإخصائى التغذية دانييل إلمر

سالمون Daniel Elmer Salmon وإن كان زميله ومعاصره ثيوبالد سميث Theobald Smith قد سبقه في اكتشافها عام ١٨٨٥ فى الخنازير.

- وهى عصوية الشكل تكاد تكون بلا وزن وتسبب حمى التيفويد والباراتيفويد كما أنها قابلة للحركة وتنتج كبرتيد الهيدروجين، كما يمكن عزلها فى سلاطين خاصة في المعمل، ولأنها بسبب عدوى معوية، فلا بد من أن تكون هذه السلاطين معبأة بمواد وسيطة معينة ومختارة بعناية لأغراض الحماية من العدوى، ويعد عددًا منها بطىء الازدهار فى المعمل، وإن كان «البراز» يُعَدّ مصدرًا لإثراء بيئة الباكتيريا، إذ يكون لها بمثابة حضانة لتضاعف أعدادها.

- **السحابة «أورت» Oort Cloud:**

- من المفترض والمسلم به أنها سحابة دائرية الشكل تتألف من جمع من المذنبات، وتقع بعيدًا عن الشمس بما يوازى مائة مرة من بعد الكوكب أفلوطن **Pluto** (بلوتو اسم إله الموتى والجحيم عند الإغريق والرومان) عن الشمس أى حوالى سنة ضوئية واحدة تقريبًا، والامتداد الخارجى للسحابة يتماس مع حواف أو حدود النظام الشمسى، ومع أنه لم تقع بعد ملاحظات تؤكد وجود السحابة، إلا أن الفلكيين يعتقدون أنها مصدر لكل المذنبات طويلة المدى أو تلك الشبيهة بمذنب هالي، والتى تعبر إلى داخل دائرة النظام الشمسى (بعض المذنبات قصيرة المدى، وطبقًا لمداراتها، ربما تأتى من حزام كويبر **"Kuiper belt"**).

- من المعتقد أيضًا أن هذه السحابة هى بقايا مستمرة حتى الآن منذ تشكلات الكواكب الأولية من حيث الزمان والتى وُجدت حول الشمس منذ حوالى ٤,٦ بليون سنة مضت، وبما أن حافة السحابة الخارجية تعتبر غير محددة أو ذات وضع تخلخلى مع حافة النظام الشمسى، فمن السهل إذن أن تتأثر بحركات النجوم العابرة أو أى قوى أخرى. ومن أكثر الفروض قبولاً بشأن أصل

السحابة هو أن محتوياتها تشكلت فى البداية فى مكان أكثر قربًا من الشمس كجزء من عملية تشكل الكواكب والكويكبات، ولكن تفاعلات الجاذبية مع الكواكب الغازية العملاقة كالمشترى (جوبتر: كبير آلهة الرومان – وهو أكبر الكواكب السيارة والخامس فى ترتيب بعده عن الشمس) قد أبعدتها إلى مدار شديد الأهليلجية (بيضى الشكل) أو القطعى الشكل، فضلاً عن زيادة طول المدار.

- **السفينة «بيجل» HMS Beagle:**
- وهى سفينة إنجليزية دشنت لأول مرة فى ١٨٢٠/٥/١١ وخصصت للمهام العلمية والتبشيرية، وقامت بثلاث رحلات مهمة وطويلة ثم خرجت من الخدمة عام ١٨٤٥، ليتم تكسيرها وبيعها خردة فى ١٨٧٠، وذلك كله فضلاً عن كونها سفينة حربية أساسًا سُلحت بعشرة مدافع، قُلِّصت إلى ستة مدافع فقط فى رحلات المسح العلمى والذى ارتفعت معه حمولتها إلى ٢٤٢ طنًا بعد أن كانت ٢٣٥ طنًا فقط.
- فى يوليو من ذات العام اشتركت فى إستعراض عسكرى ضمن إحتفالية تتويج الملك جورج الرابع، وباعتبارها أول مركب تبحر تحت كوبرى لندن الجديد.
- فى مهمتها الأولى صاحبت سفينة أكبر منها (٣٨٠ طنًا) لعمل مسح يتعلق بعلم وصف مياه البحار والأنهار **hydrographic**، أما رحلتها الثانية، فهى التى جلبت لها الشهرة باعتبارها أهم سفينة فى التاريخ، ذلك أنه كان على متنها العالم الطبيعى الشاب – حينئذ – تشارلز دارون، والذى جلب معه معلومات ساهمت فى تكوين نظريته عن النشوء والارتقاء والاختيار الطبيعى والتى أُعتبرت من الوقفات المفصلية فى تاريخ العلم، كما أدت إلى تغيير جذرى فى وجهة نظر العلماء وسائر البشر تجاه الكون والحياة.

- أما الرحلة الثالثة فقد كانت تستهدف مسح أجزاء كبيرة من الشاطئ الأسترالى، وهى الرحلة التى بدأت فى ١٨٣٧ واكتملت المهمة فى ١٨٤٣.

- **سلسلة جبال الفلندر Flinders Ranges:**

- منطقة جبلية فى جنوب أستراليا تمتد لحوالى ٨٠٠ كيلومتر شمالاً من قرب منطقة كريستال بروك إلى نقطة بين منطقة **Marree** وبحيرة كالابونا **Callabonna** (جافة)، حيث تسقط إلى منطقة مراعى مسطحة، وبعد ذلك تمتد الأرض المرتفعة مرة أخرى إلى حتى نهاية السلسلة، وتصل الارتفاعات فى بعض النقاط إلى ٣٠٠٠ قدم، و ٣٨٢٥ قدمًا فى بعضها الآخر.

- من بين ما حدث على الأرض فى الفترة البروتيرزنية **Proterozoic** منذ بليون إلى ٦٠٠ مليون سنة مضت ثمة بصمات موجودة حتى الآن تقريبًا فى كل مكان ومن أشهرها منحدرات نشطة من رسوبيات متراكمة تشغل مسافة تتراوح بين ٤٠٠ و ٥٠٠ كيلومتر، كانت قد تثنت وتصدعت فى بواكير العصر الباليوزونى **Paleozoic**، ولكنها عاودت التولجد بشكل متواتر منذ ذلك الحين. وعلى الجملة تعتبر سلسلة جبال الفلندر من أكثر ما تعرض للتآكل حتى إنها تتسم بالتلال والوديان ما بين الجروف شديدة التحدر.

- **سُكْنى الموتى أو «الجحيم» Hades:**

- وتشترك هذه النظرة لما يسمى الجحيم أو جهنم كل من الرؤية الإغريقية والبوذية والصينية والهندية واليهودية والمسيحية والإسلامية بكلمات قد تختلف فى نطقها، كما سيلى بنفس الترتيب: **"Annwn"** و**"Diya"** و**"Dvat"** و**"Hades"** و**"Jahannam"** و**"Gehenna"** و**"Hell"**.

- كما تتصل الكلمة إلى مفاهيم: «الشيطان» و«النار» و«الكبريت» و«عذاب جهنم» و«مشكلة جهنم» و«الظلام الخارجى» وكذا «غير المرئى» ربما فى اللغة الهند أوروبية.

- ومن ناحية أخرى بخلاف النظرة الاصطلاحية، فإن «هـاديس» هـو الإلـه الإغريقى لما تحت الأرض ومقر الموتى، وهو وأخـواه زيـوس "Zeus" و بوسيدون "Poseidon" هزموا القوم التيتانيين Titans وحكموا الكون: تحـت الأرض والسماء والبحار.

- والكلمة تشير دائمًا إلى مغزى مروع، وأحيانًا ما تعنى فى المسيحية «سـكنى الموتى» الذين ينتظرون فيه يوم الدينونة للحـساب، إمـا لـسلام الأبديـة أو التعذيب.

- أنظر أيضا الشروح الواردة فى هذا الموقف لمصطلح «جهنم».

- **سيتوكروم س. «Cytochrome C» :**

- واحد من الأصبغة الحيوية الواسعة الانتشار فى الأنسجة الحيوانيـة والنباتيـة التى تلعب دورًا مهمًا فى إحداث الأكسدة **oxidase** ونقل الأليكترونات.

- وهو إنزيم يتكون من جزيئات معزولة (أحادية) أو كوحدات ثانويـة ضـمن إنزيم أكبر وأكثر تعقيدًا والذى يحث على التفاعل الكيميائى المحتـوى علـى الإنقـاص **reduction** والأكـسدة **oxdation** معًـا، وذلـك داخـل أغـشية الميتوكوندريات وداخل الشبكات النسيجية فى البلازما. ولكن فقط فى الأنـواع المنتمية لجنس الإيكاريوت وفى الجزء المخضَّر المائل للصفرة فـى النبـات المفتقد لعناصر تغذيته)، وفى الأنظمة الميكروية من العضويات المعتمدة على التمثيل الضوئى، وفى الباكتيريا.

- وهو يتكون من مجموعات **D, B, A**، ولا توجد مجموعة **E**، وإنما توجد فيـه مجموعة **F**، التى تعتبر طرازًا من المجموعة **C**، والمجموعات الثلاث الأولى تنتمى إلى الجزء الحديدى من البروتوبورفيرين، وهـو القـسم الخـالى مـن البروتين والمسئول عن إعطاء الهيموجلوبين لونه، كما يقوم بنقـل جزيئـات الأكسجين، أما النوع **C** فتحدد وظيفته فى النقطة الأولى المشار إليها عاليـه،

باعتباره آخر بروتين فى سلسلة نقل الإليكترونات، حيث يستقبل إليكترونًا واحدًا من جزيئات السيتوكروم س. الأربعة وينقلها إلى حالة جزىء أكسجين، محيلاً له إلى جزيئى مياه.

- السيلان (مرض جنسى) **Gonorrhea:**

- وهو واحد من أكثر الأمراض انتقالاً من فرد لآخر فى العالم، ويرجع اسمه إلى لفظة إغريقية تعنى حرفيًا: فيضان البذور حيث كان من المعتقد وقتئذ – على سبيل الخطأ – أنه يرجع إلى مرض معين فى السائل المنوى.

- الباكتيريا المسببة له تسمى: **Neiseria gonorrhea** وهى بلا وزن تقريبًا، والذى يحدث ألمًا فى أغشية مجرى البول والقنوات القريبة من المستقيم وذلك فى الرجل، أما المرأة فيصاب الجزء الخارجى للعضو الجنسى، كما الجزء الداخلى منه إلى حتى عنق الرحم، وتأتى العدوى من قيام مواقعة بين طرفين، أحدهما مصاب، كما ينتقل المرض إلى الأجنة لدى الأمهات المصابات.

- للمرض أعراض عديدة ظاهرة وأصبح مسيطرًا عليه طبيًا.

- سيف داموكليس **Sword of Damocles:**

- ويعبر ذلك عن نادرة أخلاقية من بين الأساطير التى أضافت للثقافة الإغريقية، وبالذات فى مؤلف «التاريخ المفقود لسيسليا» **Ciscily**، والذى وضعه تيماوس من توررومنيوم "**Timaeus of Touromenium**" (٣٥٦–٢٦٠ قبل الميلاد)، كما استعان بها شيشرون **Cicero** فى إحدى كتاباته.

- كان داموكليس أحد المتملقين الكبار فى حاشية ديونيسوس الأول **Dionysius** فى القرن الرابع قبل الميلاد طاغية سيركوزا **Syracuse**، بإيطاليا وكان محظوظًا نافذ القوة والسلطة، والذى أعلن بقوة عن رغبته فى أن يحل أحدهم محله فى السلطة ليوم واحد، وفى المساء أقام مأدبة كبيرة ولكن قبل بداية

المرح والابتهاج أمر الطاغية بأن يعلق سيفًا بواسطة شعرة واحدة من ذيل الحصان مباشرة فوق رأس داموكليس المختار لأداء هذه اللعبة، والذى كان فى الوقت نفسه متعطشًا، لأن يكون حاكمًا، ولكنه سرعان ما امتشق السيف، وفقد شهيته للطعام والأطفال رائعى الجمال المنتشرين حول المأدبة، وأمر الطاغية بأن يغادر، حيث لم يعد بعد محظوظًا ولا حاكمًا.

- وعلى ذلك فإن الحكاية تتضمن تلميحًا أو كناية تلخص الخطر الوشيك الحدوث الذى يواجه ذوى المكانة والقوة. وبشكل أكثر عمومية تستخدم الحكاية للإشارة إلى الموقف المشكوك فيه ومن ثم الحس بالنذير أو الهاجس الذى يدمر، بصفة خاصة، هؤلاء المعتمدين فى حياتهم على لحظة رقيقة من الحظ، والأكثر من ذلك أنه يمكن النظر إلى الحكاية كدرس على أهمية فهم خبرة الآخرين.

- **شهود يهوه Jehovah's Witnesses:**

- وهم أعضاء حركة مسيحية جديدة فى الديانة المسيحية ويحملون نفس هذا الاسم، ويؤمن المشايعون لهذه الحركة أنهم يحيون مسيحية القرن الأول، وبأنهم بذلك يستجيبون لما يرونه من فساد وتحايلات فى التيار الرئيسى للمسيحية. وعلى ذلك هم يناقشون موضوعات مثل «الثالوث المقدس» (الأب والابن والروح القدس)، و«نار جهنم»، و«خلود الروح»، وكذا التقسيم الحادث بين رجال الدين وجمهور المؤمنين، باعتباره إضافة غير منطقية لتعاليم المسيحية الأصلية.

- والاسم مبنى على نص فى الكتاب المقدس، وتم تَبَنِّيه على هذا النحو عام ١٩٣١، كما أصبحوا ينتفعون بوجود جماعة المراقبين « **Watchtower Society**» وفرعها فى نيويورك باعتبارهما شرعيتين وظلوا ينشرون المواد الدينية الوعظية وكراسات التبشير منذ القرن الـ ١٩، وقد وصل تابعو الحركة حتى أغسطس ٢٠٠٦ إلى ٦,٧ مليون عضو.

- من تعاليمهم الأساسية استخدام اسم يهوه للرب ونشره بين الناس باعتبار أن ذلك يعظِّم مقامه الرفيع، وأن موت المسيح كان ضروريًا للتكفير عن الآثام التي أتى بها آدم للأرض وهو ما يفتح الأمل للبشرية للحياة الأبدية للروح، وأن ١٤٤,٠٠٠ فرد قد تلقوا الحياة الأبدية على يد المسيح لمساعدته في تسيير الأمور خلال الألفية التي سيجيء فيها، ويؤمنون كذلك بأنه خلال معركة «أرماجيدون» **Armageddon** الوشيكة الوقوع، سوف يتم تدمير الأشرار، وأن الناجين من المعركة هم وغيرهم من ملايين البشر سوف يبعثون للحياة في مجتمع أرضي جديد، تحكمه سلطات سماوية وثمة إمكانية إذن للحياة بشكل أبدي في جنة أرضية.
- وتتجذر المسألة في الحركة المعروفة باسم «تلامذة الكتاب المقدس» **Bible students**، التي سبق أن تأسست في أخريات سبعينيات القرن الـ ١٨، بمعرفة تشارلز تاز رسل **Charles Taze Russell**، وبعد موت الأخير تفرق أتباعه في جماعات متشظّية، وهؤلاء الذين شايعوا «جماعة المراقبة» غيّروا التسمية المشارَ إليها إلى شهود يهوه المستخدم حتى اليوم، بينما بعض الحركات المتشظية تلك احتفظت باسم «تلامذة الكتاب المقدس» ولا يزال يوجد القليل منهم حتى اليوم.
- **الصحراء الرملية الكبرى Great Sandy Desert:**
- وتغطي مساحة قدرها ٣٦٠,٠٠٠ كيلومتر مربع، ممتدة في الشمال الغربي لأستراليا، وهي بهذا القدر تعتبر جزءًا من صحراء أكبر تعرف باسم: الصحراء الغربية، وهذه المساحة الواسعة من غرب أستراليا لا يقطنها سكان إلا على نحو نادر ولا توجد بها إقامات مستمرة ذات معنى.
- مستوى الأمطار هناك منخفض على الشواطئ في الشمال، وتعتبر بشكل عام متناثرة في مناطق متفرقة، بل وهناك سنوات كاملة من الجدب والقحط غالبًا

ما تنتهى بالرياح الموسمية والأعاصير الإستوائية أو المدارية الحلزونية. كما أن أيام الصيف الحارة تعتبر من أكثرها حرارة فى أستراليا بأسرها. حتى إن بعض الناس تلقى حتفها عندما تتعطل سياراتهم فى الطرق البعيدة.

- وثمة أنشطة اقتصادية صغيرة فى مثل هذه الظروف، من أهمها عمليات التعدين والمناجم الخاصة بالذهب والنحاس والتى أكتشفت لأول مرة فى سبعينيات القرن الماضى.
- والطبيعة النباتية هناك، يغلب عليها الطراز الشوكى، أما الحيوانات فهى ضارية كالجمال والكلاب الأسترالية وبعض السحالى والطيور.
- **طريقة كيريليان فى التصوير الفوتوجرافى**

Kirlian Photography

- ويقصد بها الأسلوب الذى اكتشفه بالمصادفة سيمون كيريليان **Semmyon Kirlian** عام ١٩٣٩، حيث وجد أنه لو أن شيئًا ما موضوعًا على لوحة التصوير الفوتوغرافى وتم توصيلها بمصدر كهربى له فولت، وتردد عالى الدرجة، فسوف تتشكل ما يشبه الهالة حول هذا الشيء بسبب المجال الكهربى القوى حول حواف أو تخوم الشيء ومنشئة صورة له على اللوحة.
- وهذه الطريقة تختلف تمامًا عما يسمى أورافوتوجرافيا **"Aura Photography"**، التى تظهر فيه صورة ملونة لوجه الشخص (ما فوق بدنه) باستخدام أساليب متنوعة من الاسترجاعات البيولوجية. وبسبب شيوع اسم طريقة كيريليان فقد جرت العادة على إطلاق الاسم على كليهما بالرغم من اختلاف التقنية فى كل منهما، وبما يؤدى إلى الارتباك أو الاضطراب لدى غير العارفين.

- ومنذ ذلك الحين، تمت اكتشافات منفردة على نفس النغمة والتي سميت «التصوير الكهربائي»، فقد عُرف تصوير الوثائق «زيروجرافيك» Xerographic عام ١٧٧٧ بمعرفة جورج كريستوف ليختنبرج Georg Christoph Lichtenberg، وهذا قبل كيريليان ثم بعده في أواخر القرن ١٩ وبدايات القرن الـ ٢٠، ومع ذلك فقد ظلت «طريقة كيريليان» هي المتداولة.

- وعلى المستوى الميتافيزيقي فقد ادعى كيريليان، بأن طريقته تلك والمنشئة لما اسماه «طاقة كيرليان» تثبت وجود الهالات «auras» الفوق طبيعية التي قيل بأنها تشبه الخطوط الخارجية للشيء مثل الهالة الملونة، وهو ما كان محلاً للجدل والخلاف، وقد أجريت تجربة متقدمة في ذلك على ورقة شجر منتقاة لبحث هذه الطاقة المدعاة، وقيل إن المسألة أقرب علميًا بأنه عندما تفقد الورقة، الرطوبة فيها فإنها تكون أضعف في توصيلها الكهربي، مما يسبب ضعفًا تدريجيًا في المجال الكهربي الناشئ عند الحروف الجافة للورقة.

- **عاشقات التطرف Extremophile:**

- وهو نوع من الكائنات الحية المجهرية الحجم، أغلبها ميكروبات تنتمي لأسرة نوع «الأرشيا» ومعها البعض من نوع الباكتيريا، والتي يزدهر نماؤها وتكاثرها بقوة في ظل ظروف غاية في التطرف سواء احتاجت في هذا النماء لمصادر فيزيائية أو كيميا أرضية، وسميت بهذه الكنية لتضم أنواعها المتنوعة والمتجددة في نفس السلالة، فمنها من يحيا في الأجواء البالغة الحرارة، ومنها من يعيش فقط في درجات حرارة متوسطة، إلى جانب من يعيش في ظل حرارة منخفضة الدرجة، وهي تحيا في مواطن داخل الصخور الحارة في باطن الأرض أو بالقرب من فوهات البراكين في قيعان البحار والمحيطات.

- وهى متعددة الأنواع حتى فى المعروف منها حتى الآن، فمنهـا مـثلاً الـــ hyperthermophiles ودرجة الحرارة التى تستلزمها ٦٠- ٨٠° درجة مئوية وقد تصل إلى ١٢١° مئوية، وكان أول إكتشاف لهـا فـى سـتينيات القـرن الماضى ومنذ ذلك الحين تم إكتشاف أكثر من ٥٠ نوعًا، منها العائش فى جـو حمضى بالكامل أو قلوى بالكامل أو وسط شديد الملوحة أو والذى يتغذى على النحاس أو الحديد أو الزرنيخ ونوع ذاتى التغذية وهكذا.

- وإذا جئنا للفرع من العلوم المسمى **Astrobiology** (البيولوجيا الفلكية) وهـو العلم الذى يهتم ببناء نظريات حول توزيعات الحياة الطبيعية والمستقبلية فـى الكون، ويتعاون فى هذا العلم المكتـشفون ومتخصـصو الميكروبيـة البيئيـة والفلكيون وعلماء الكواكب وإخصائيو الطبقات الأرضية، وحتى الفلاسفة ومـن هنا انصب الاهتمام على هذا النوع من العضويات التى يمكنها أن تزدهـر فـى ظروف تشبه الأجواء التى تُعرف حتى الآن على كواكب أخرى (علـى سـبيل المثال: المريخ و «أوروبا» قمر كوكب زحل).

- **العشوائية أو التشتتية (Stochasticity (random:**

- ثمة ما يعرف بـ: «التكون التشكلى» والذى يعنى نوعًا من هندسة البنـاء أو النمو، أى كل العمليات التى تأخذ فيها أجزاء أى نظام متنام شـكلها النهـائى وتشغل به حيزًا لها فى الفراغ، وهو ما ينطبق على النظم الحيـة (حيـوان أو نبات) فى كل مستويات حجمها ابتداء من بدن الفيل مثلاً إلى أصغر خلية، كما ينطبق أيضًا على حركات القوى الفيزيائية.

- وكثير من هذه العمليات لا تظهر منها إشارات واضحة، أين تكمـن مختلـف العناصر التى ستصبح الشكل المحدد (كالعين مثلاً) إلا بعد ظهورها بالفعـل، ولم ينجح العلماء بعد فى تحديدها، وإن كانوا آخذين بجدية فى البحث.

- ومن أقدم المقترحات فى ذلك أن ثمة منطقة فى مجال التشكل، تكون هى للغالبة ويفترض أن لها تركيزًا مرتفعًا من عنصر أو نشاط يتحقق بطريقة متدرجة فى هذا المجال عن طريق ما يعرف بدرجة الميل.

- وهناك اقتراح آخر، يعتبر أنه مادامت الخلايا بالنسبة لنظامها الحاكم تتصف بالسلب، فيما يتعلق بالمعلومات الاسترجاعية، فإن سلوكها يميل للتأرجح، ومن المتوقع أن تكون خاضعة لنمذجة موحدة، إلا أن من بينها عناصر تنثر أو تريق جسيمات قادرة على التأثير على الخلايا المجاورة، ومن السهل تخيّل إمكانية تموضعها فى مناطق ذات سعات معينة من خلال قوافل من موجات تشع أساسًا فى كل اتجاه من تلك العناصر إلى هذه المناطق، وهذه أطلق عليها مصطلح "Stochasticity".

ملحوظة: ما تم تحريره هنا يخص الخلايا، ولكن كلمة عشوائية random أعم من ذلك بكثير – والشىء نفسه بالنسبة لكلمة Stochoutisity.

- **الڤايكنج (غزاة الشمال) Viking:**

- والكلمة الإنجليزية (وهى مفردة) تشير بصفة عامة إلى واحد من أولئك الإسكندناڤيين العاملون بالبحر فى التجارة والحرب (الغزو خصوصًا) والقرصنة أو قاطنى بلادڤيك Vik (أصل موطنهم). والذين أغاروا واستعمروا مساحات عريضة من أوروبا منذ أخريات القرن الثامن إلى القرن الحادى عشر. هؤلاء الشماليون استخدموا سفنهم المشهورة بطولها الذى لم يكن مألوفًا آنذاك فى الإيغال إلى الشرق البعيد حتى نهر الفولجا فى روسيا، وإلى أقصى الغرب حتى نيوفوندلاند، وفى التاريخ الإسكندناڤى يشار إلى تلك الفترة الممتدة بعصر غزاة الشمال.

- **فوهة بركان جوزيف Gusev Crater:**

- وهو بركان فوق كوكب المريخ، ويصل مقياسه إلى ١٧٠ كيلومترًا، وكان قد تشكل منذ ثلاثة إلى أربعة بلايين سنة مضت، وتمت تسميته كذلك نسبة للفلكى الروسى ماتڤى جوزيف Matvei Gusev (١٨٢٦-١٨٦٦).

- ثمة نـوع من نـظم القنوات يسمى «مـاديم فاليـس» Ma'adim Vallis (في المريخ)، ربما نزح مياهًا سائلة أو ثلوجًا في وقت ما ونقطـة مـا مـن التاريخ المريخي. باعتبار أن تلك الفوهة تبدو كموطن سابق لبحيـرة مليئـة بالرواسب، التي تصل ثخانتها إلى ٣٠٠ قدم، وأن المتحصل فـي النهايـة لا يبدي سوى طبقات ضئيلة، كما يعتقد بعض الباحثين أن تشكل الأراضي فـي الصور المرسلة من المهام الفضائية في هذا المجال تقترح أن المياه ربما بقيت هناك لمدة طويلة، بينما البعض الآخر يرى أن الصور المرئية لفوهـة مـاديم فاليس، والمؤدية لدخول فوهة جوزيف تشبه بعض تـشكلات أرضـية لـدلتا الأنهار، والدلتا من هذه الطبيعة ربما يستغرق تشكلها عشرات أو مئات الآلاف من السنين، ويقترحون بذلك أن المياه المشار إليها في المريخ، ربمـا بقيـت آمادًا طويلة.

- أما الصور المرسلة من مركبات الفضاء المرسلة من الأرض لتدور في مدار المريخ بغرض استكشافه، فهي تشير إلى أنه ربما كانت هناك مياه في إحـدى المرات مشكلة بحيرة كبيرة بالقرب من مصدر ماديم فاليس، والتي ربما كانت قد أمدت هذا المصدر بالمياه اللازمة، وليس معروفًا بعد، هل كانت هذه المياه بطيئة ومستمرة أو كانت متقطعة ومتشتتة أو إنفجارية، أو ربما كانت جمعًـا بين هذين النموذجين؟

- وقد كانت تلك الفوهة تحديدًا مقرًا لهبوط إحدى المهام الفضائية الاستكـشافية لسطح المريخ، إلا أنها لم تصل للهدف المطلوب بالدقة المأمولة.

- **الكائنات الحية العائشة بين المسام الصخرية (Cryptoendolith (Endolith:**

- وهي كائنات عضوية (من أنواع الأرشيا والباكتيريا والفطريات)، والتي عادة ما تعيش داخل الصخور وقواقع أو صـدفات الحيوانـات المرجانيـة اللـون (القرنفلي الغامق) أو بين مسام البذور المعدنية. وأغلبيتها من النوع المتطرف

الذى يحيا فى أماكن، كان يظن قبلاً أنها غير آهلة بالأحياء وهى بالتالى محل اهتمام بالغ من علماء الحياة الفلكية (الفضائية) **astrobiologists**، والذين يرون (نظريًا) أن مثل هذه البيئات على سطح المريخ ربمـا كانـت مـلاذًا ممكنًـا للمجتمعات الميكروبية خارج نطاق الأرض.

- وقد عثر على هذه الكائنات بين الصخور على عمق ثلاثة كيلومترات (ومـن غير المعروف أن هذا العمق هو نهاية المطاف بالنظر إلـى تكـاليف الحفـر الأعمق)، والتهديد الأساسى يتمثل فى وجود هذه الكائنات فى حالـة ازدهـار وتكاثر ودرجات حرارة متطرفة فى أعماق المحيطات، ومتطرفـة البـرودة بقارة أنتراكتيكا.

- كارما **Karma**:

- والكلمة تعنى: «العمل، الحركة، الأداء» بمعنى أن أى عمل أو تصرف شائن فى الديانة الهندية يدل على الدائرة الكاملة للسبب والنتيجة، وذلك فى كل مـن فلسفات الهندو والسيخ والبوذية واليان. ويختلف تفسير الكارما طبقًـا للتقاليـد الموجودة فى البيئة التى تمارس فيها، وإن كانت تشير فى العادة إلى مجمـوع ما يفعله الفرد. وهى غير مهتمة بالجزاء: مكافأة أو عقوبة ولا بالانتقام، وإنما ببساطة هى معنية بما يكون بالفعل، فكل تأثيرات الأعمال السيئة والتى تصنع الماضى والحاضر والمستقبل بكل تجاربه بما يؤدى إلى مسئولية الفـرد عـن حياته والسعادة والألم اللذين سببهما للآخرين – وبالنسبة للمؤمنين بالتناسخ فى الأرواح فإن الكارما تمتد فى حياة المرء الحالية، وكل الماضـى والمـستقبل بحيواته فيهما، فهى إذن نوع من التراكم أو التجميع.

- هذا ويعتبر «قانون الكارما» شيئًا مركزيًا فى الديانة الهندية، فكـل الكائنـات الحية مسئولة عن كارماها (أعمالهم وآثار هـذه الأعمـال)، ويمكـن تعقـب المصطلح فى «الأوبانيشادا» القديمة.

- وجدير بالذكر أن التقاليد المسيحية المحصورة على فئة قليلة من الناس من كبار رجال الدين وبعض المدارس المسيحية الخاصة يعالجون هذه المسألة تحت عنوان: «قانون السبب ونتائجه» حيث إن روح تعليم المسيحية يتمحور حول أن قانون الخطيئة والموت ربما يتم تجاوزه من خلال «الحب» الذى يحفظ الأبدية.

- **الكمال الأول (الموجود المتحقق بالفعل: عند أرسطو) Entelechy:**

- وهو مفهوم فلسفى صكه أرسطو ويتجذر من تجميع كلمات إغريقية هى: **enteles** (كامل) و **telas** (نهاية، غرض أو هدف، إتمام) و **echein** (يمتلك) وهو ما يعنى فى اللغة الإنجليزية إلى ما يترجم إلى: (امتلاكه النهاية فى ذاته) وكان يعنى لدى أرسطو حالة خاصة من الوجود، يعمل فيها الشيء بهمة على أن يصبح ذاته والتى يمكن أن تقاس بكلمة «النشط».

- وفى بعض الأنساق الفلسفية تعنى الدفع الذاتى لأن يصبح المرء ذاته كامل التحقق، وهى فكرة مركزية فى فكر ليبنز **Leibniz** ومونادااته: فكل نفس واعية هى موناداا مستقلة تمامًا عن كل شيء وعن الاتصال بأى موناداا أخرى إلا من خلال القوة الإلهية.

- وعلى المستوى البيولوجى عزاها هانز دريش **"Hans Driesh"** إلى «الحيوية» بمعنى أن كل شيء حى يتحرك بواسطة هذه «الحيوية»، وهى بمفهومه ذاك تعادل «الأنا» **"Id"** عند فرويد و**"élan vital"** بالفرنسية، وتشى **chi** فى الصين وبرانا **prana** الهندية أو ما اسماه ويلهلم ريخ **"Wilhelm Reich"** بالطاقة الأورجونية **"orgone energy"**، وبذلك كان ويلهلم أول من ذهب بالمصطلح إلى ما وراء التنظير من خلال بناء مميزات قابلة للتراكم مباشرة، وتصبح لها تطبيقات عملية فى الكائن البشرى وفى الجو، كما إدعى وارثو نظريته بأن مثل هذه

الميزات تمثل الطاقة الرئيسية للفرد وللكون نفسيًا وفسيولوجيا، وأن ركود التراكم الذى قال به ويلهلم يؤدى إلى اللا نظام، ولكن مثل هذه الدعاوى يصعب إخضاعها للاختبار العلمى الصارم وهى أيضًا تتناقض مع **entelechy** التى قصدها أرسطو، وإنما تتفق مع ما عناه بـ «الحيوية».

- ومما يذكر أن هيجل قد أشار إلى المصطلح فى فلسفته المسماة بالظاهراتية.

- **كمبرلى Kimberley:**

- هى واحدة من المناطق التسع التى تنقسم إليها أستراليا الغربية ويحدها من الغرب المحيط الهندى، ومن الشمال بحر تيمور **Timor Sea**، ومن الجنوب صحراء تونامى والرملية الكبرى **Great Sandy and Tunami Deserts**، ومن الشرق الأراضى الشمالية – وهى تغطى مساحة تبلغ ٤٢٥ ألف كيلومتر مربع، وهو ما يعادل ثلاثة أمثال مساحة إنجلترا، أو يتطابق تقريبًا مع مساحة ولاية كاليفورنيا الأمريكية – ويبلغ عدد نسماتها ٤٨ ألف نسمة يتزايدون بمعدل ٤,٨٪ سنويًا يتوزعون على مدن بروم **Broome**، ودربى **Derby**، وكونونورا **Kununurra**، وحوالى ٣٪ من الجميع ينحدرون من أصول أبورجينية.

- تتميز بأجواء إستوائية وبوفرة الرياح الموسمية، وخلال الفترة الرطبة من نوفمبر إلى أبريل تتلقى المنطقة حوالى ٩٠٪ من أمطارها السنوية، ومن المعتاد فيها الأعاصير الحلزونية أو الزوابع، خاصة حول بلدة بروم، وفى الفترة الجافة من مايو إلى أكتوبر تهب نسمات جنوبية شرقية مع نهارات مشمسة وليال باردة نسبيًا.

- تكونت فيها الحيود البحرية الكثيرة منذ العصر الديفونى **Devonian** ولم تزل منظورة حتى اليوم – ويقوم اقتصاد المنطقة على ازدهار مزارع اللؤلؤ من

أنواع معينة، فضلاً عن إيجار المراعى وبعض الزراعات فى المناطق المؤهلة بنظم الرى إلى جوار الأنهار، وبالإضافة إلى ذلك فهناك حقول للبترول وتوقعات بحقول الغاز إلى جانب التعدين العادى بمناجم الزنك والرصاص.

- ماربل بار **Marble Bar**:
- مدينة صخرية التكوين فى الشمال الغربى لأستراليا أعلنت رسميا عام ١٨٩٣ بعد اكتشاف الذهب فى المنطقة عام ١٨٩٠، وجاء اسمها من وجود قضيب من حجر كريم ضارب للسواد (اليشب) بالقرب منها وكان معروفًا بنفس الاسم، والذى يمر بمجرى نهر كونجان **Coongan**.
- ومن المعتقد أنها أكثر أماكن الأرض ارتفاعًا فى الحرارة (جاء ذكر ذلك بالتفصيل خلال التعريف بمنطقة «بلبارا»، وعلى غير المواقع سيئة السمعة مثل وادى الموت **Death Valleg** بالولايات المتحدة، فليست لها، طبوغرافيًا، ملحوظة يمكن أن تؤدى إلى هذا الشذوذ الحرارى، كما فى وادى الموت أو بعض مناطق الشرق الأوسط.
- ويقع بالقرب منها منطقة تعرف بالقطب الشمالى (غير القطب الشمالى للأرض) لا شك فى ارتفاع درجة حرارتها، وتعد موقعًا لتشكلات صخرية، والتى أُعتبرت لفترة على أن بها دلائل على تواريخ الحياة على الأرض منذ عدة ملايين مضت من السنين.
- المبدأ الأنثروبولوجى **Anthropic Principle**:
- تنحدر الكلمة من الأصل اليونانى **anthropos**، وتعنى الإنسان ومن الأصل **morphe** وتعنى "شكل"، وقد تأسست الأنثروبولوجيا من العلم الذى يتركز على الإنسان من حيث أصوله وتنوعاته الثقافية والشكلية واللونية... إلخ. وكذا تنوع أنشطته.

- وأخذ هذا العلم يتطور على يد كثرة من العلماء من أبــرزهم داروين ومنــدل ولامبروزو. وأخيرًا جنحت الفيزياء إلى إمداده بمقاييس معيارية، أفــاد منهــا كثيرًا، وهكذا أصبح شائعًا الحديث عن المبدأ الأنثروبولوجي وعمــا يــسمى **anthroposphere** أي عالم الأحياء الذي يحكمه ويــسيطر عليــه الإنــسان، وأيضًا ما يعرف **anthropomorphism** ومثلهــا مــا يعــرف فــي التــراث الإسلامي عند فرق «المشبهة» بقولهم بتشبيهات إنــسانية لله مثــل «يــد الله» وعين الله... إلخ.

- **المذهب الذرى Atomism:**

- وهي النظرية التي ترى، أن كل الأشياء في الكون مؤلفة من أشــياء صــغيرة للغاية (ذرات) غير قابلة للتجزئة إلى ما هو أصغر منها، وبذلك تمثل لبنــات بناء جميع الأشياء: وبمعنى أن الحقيقة بأكملها تعتمد على هذه الــذرات غيــر المنقسمة. وينحدر المصطلح من الكلمة الإغريقية **otomos** بمعنى غير القابــل للقطع إلى أجزاء أصغر منه، ويشير المعنى عند هؤلاء القدامى إلى أنها غيــر مرئية أيضًا.

- وأهمية هذا المفهوم الفلسفي جاءت من أن الفيزيائيين والكيميائيين من القــرن الـــ ١٩ كانوا يظنون أن الذرات هي التي لا يمكن تجزئتها أو غيــر القابلــة للقطع، كما عند الأولين، إلا أن المفهوم تغير على نحو دراماتيكي في القــرن العشرين والذي كشف عن أن هذه الذرات تتــألف ممــا هــو أصــغر منهــا كالأليكترونات والنيوترينات والبروتونات كما كشفت تجارب أحدث علــى أن البروتونات بدورها تتألف من عناصر أساسية باسم «القواركــات» **quarks**. وهذه التقسيمات أدت إلى ظهور التساؤل: هل المادة تنقسم إلى ما لا نهاية؟ ما دام غياب الدليل لا يعني الدليل على الغياب.

- تجب هنا الإشارة إلى أن ثمة فرقًا بين الذرات فى العلوم الفيزيائية والـذرات فى الفلسفة، والتى تعنى دائمًا المذهب الذرى عند بزوغه لدى الإغريق، حـين اعتقدوا أن لبنات بناء الحقيقة والتى أساسًا تعتبر بناء أى شىء موجـود هـى رفيعة بدرجة لا تكاد تصدق، لدرجة أنها لا تحوز وجودًا فيزيائيًا ولا يمكـن فلقها أو تخزينها أو قطعها مثل «النقطة» أى لا حجم لها أو أنها رفيعة للغاية، كذلك كان الشأن عند الإغريق وعند البوذية الهندية. وأدى هـذا التقليـد إلـى وضعية تقول بأن الذرات وحدها هى التى تحوز صفة الوجود وألاّ شىء فـى الموجودات مؤلف أو مركب من أشياء أخرى وهو مـا يعنـى أن الأجـسام البشرية والسحب والكواكب أو أى شىء آخر فليس لهم وجود، وقد ناقش هـذا ديموقريطس وهوبز، بل حتى كانت (هناك جدل حول ما إذا كان ذريًـا أم لا) فيما يعرف بالعدمية الميتافيزيقية، وآخرين غيرهم، إلا أن الأمر لم يعد كـذلك فى الفلسفة المعاصرة لأن أغلب الفلاسفة المعاصرين لم يعودوا قابلين لمناقشة أن الذرات وحدها هى الموجودة.

- **مجرّة (المرأة المسلسلة) أندروميدا Andromida Galaxy:**

- وهى تعرف أيضًا إضافة إلى هذه التسمية بـــ: **Messier 31**، أو اختـصارًا **M31** (ويرجع أصل الاسم لأميرة حبشية تم تقييدها بالسلاسل علـى جـرف عال، لكى يلتهمها غول، إلا أن بيرسيوس أنقـذها وتزوجهـا – وهـذا فـى الميثولوجيا الإغريقية).

- وتعتبر هذه المجرة **M31** هى أكبر مجرة مغزلية الحركـة فـى المجموعـة المحلية **Local Group**، التى تشتمل على أندروميـدا ودرب التبانـة **Milky Way** والمجرة الثلاثية **Triangulum Galaxy**، وهى أيضًا أقرب المجـرات لمجرتنا (التبانة) بمسافة تقدر بحوالى ٢,٥ مليون سنة ضـوئية. ولـو أنهـا الأكبر، فربما لا تكون الأضخم، لأن درب التبانة يحتوى على مادة معتمـة أو مظلمة أكثر ولذلك قد تكون الأكثر ضخامة فى المجموعة.

- ومع ذلك تشير الملاحظات التلسكوبية وأيضًا القادمة من أقمار الملاحظة الصناعية إلى أن مجرة **M31** تشتمل على تريليون (10^{12}) نجم، وفى تقديرات عام ٢٠٠٦ أن كتلة درب التبانة تمثل ما يقرب من ٨٠٪ من كتلة أندروميدا.

- وتقترب أندروميدا من الشمس بسرعة ٣٠٠ كيلومترًا فى الثانية، وبالنظر لحركة المجموعة الشمسية داخل درب التبانة (الطريق اللبنى). فإن المرء يجد أن مجرة **M31** ومجرة التبانة تقترب كل منهما إلى الأخرى بسرعة تتراوح بين ١٠٠ و١٤٠ كيلومترًا فى الثانية، ومع ذلك، فإن هذا لا يعنى أنهما بالتأكيد سيتصادمان ما دامت سرعة التماس بينهما أو الانحراف العرضى تظل مجهولة لنا، وإذا كانا على مجرى التصادم فالمتوقع أن يحدث ذلك فى مدى حول ٣٠٠ بليون سنة. وفى هذه الحالة فإنهما سيندمجان ليشكلا مجرة عملاقة إهليلجية أو بيضاوية الشكل. ومثل هذه الحوادث تعتبر مألوفة بين المجموعات المجرّية.

- **مركبة الفضاء أبوللو Appollo Space-craft:**

- وهى مركبة صُمّمت كجزء من برنامج «أبوللو» (إله الشعر والموسيقى والجمال الرجولى عند الإغريق) الذى أعدته الولايات المتحدة الأمريكية فى بواكير ستينيات القرن الماضى بغرض إنزال رجال على سطح القمر والعودة بهم سالمين بما لا يتجاوز عام ١٩٧٠. والمركبة تم تصميمها من عدة وحدات أو مراحل تعمل جميعًا معًا لتحقيق تلك المهمة، وهى (من القمة للقاعدة) نظام الانطلاق الذى سيهرب من جاذبية الأرض، ثم المركبة الرئيسية، ومركبة الخدمات، ثم المركبة القمرية ومركبة الوصلة بينها وبين باقى الأجزاء، وكل هذه الأجزاء سوف تكون على قمة الجزء الخاص بمعدات الإطلاق.

- المعبر الجنوبى The Southern Cross (Crux):

- ويسمى كذلك فى مقابل المعبر الشمالى وهو من أصغر المجموعات الكوكبية الثمانى والثمانين الحديثة، ولكنه من أكثرها تميزًا، فهو محاط فى ثلاثة من جوانبه بمجموعة القنطورس "Centourus"، ومن جانبه الرابع يقع الكوكب الطائر (Fly Musca).

- وقد ظن الإغريق القدماء أنها من بين مجموعة القنطورس تلك ولكن تم تحديده كمجموعة نجمية مستقلة فى القرن الـ ١٦، بعد رحلة أمريجو فسبوتشى Amerigo Vespucci إلى جنوب أمريكا عام ١٥٠١، والذى رسم خريطة لنجمين: قنطورس ألفا وقنطورس بيتا مثلهم مثل مجموعة المعبر الجنوبى، ولو أن تلك النجوم كانت معروفة لدى الإغريق القدماء، فإن أيام الاعتدال الربيعى (الذى يتساوى فيها الليل مع النهار) قد تسببت فى جعلها أخفض من خط السماء الجنوبى، وعليه فقد تم إهمالها هناك.

- ومع افتقاد نجمه قطبية لها أهمية فى السماء الجنوبية (النجمة سيجما أوكتانتيس Sigma Octantis قريبة من القطب، ولكنها خابية لدرجة لا تصلح معها للغرض المطلوب)، فإن النجمين ألفا وبيتا، من مجموعة المعبر الجنوبى عادة ما يستخدمان كعلامة للجنوب، وبتتبع خط بين النجمين يقدر بحوالى ٤,٥ مرة من المسافة بينهما سيؤدى إلى نقطة قريبة من القطب السماوى الجنوبى.

- ومن الأجسام بالغة العمق فى السماء مع المعبر الجنوبى هناك العنقود القولزاق The Coalsack Nebula، والذى يمكن ملاحظته بالعين المجرد كشريحة معتمة فى جنوب درب التبانة، وأيضًا هناك العنقود المفتوح Open cluster، والذى يكنى اختصارًا: NGC4700 فى التصنيف النجمى والذى يقع على بعد ٧,٥٠٠ سنة ضوئية، ويشتمل على ما يقرب من مائة نجم، تنتشر فى مساحة تقدر بحوالى ٢٠ سنة ضوئية مربعة.

- «مستكشف المريخ» **Mars Pathfinder**:

- وهو اسم للرحلة الفضائية التى ابتعثتها هيئة ناسا بالتعاون العلمى مع مختبر التسيير النفاث **"Jet Propulsion Laboratory" (JPL)** لاستكشاف المريخ، والتى أطلقت فى ١٩٩٦/١٢/٤ بعد شهر فقط من إطلاق **Mars Global Survoyer**، وبعد سبعة شهور استغرقتها فى الرحلة هبطت فى المنطقة من المريخ المسماة **Ares Vallis** فى ١٩٩٧/٧/٤. بعد أن أجرت المركبة عمليات ضبط وتوافق طيران فى ١٠ يناير و٣ فبراير و٦ مايو و٢٥ يونيو، وبعد الهبوط أخرجت المركبة الروبوتية المسماة سوجولنر أو حرفيا: الإقامة المؤقتة **"Sojourner"** والتى كان عليها أن تنجز عدة تجارب مختلفة على وفى سطح المريخ، وكانت مزودة بوسائل علمية مختلفة تمكنها من تحليل الغلاف الجوى ومناخ وجيولوجيا ومكونات صخور وتربة المريخ.

- وهى كانت الرحلة الثانية من برنامج هيئة ناسا لاستكشاف هذا الكوكب الأحمر، ومن أهم ما كان يميزها، فضلاً عن النواحى العلمية، هو تحقيق أقل تكلفة ممكنة للرحلة مقارنة بأهدافها العلمية البالغة الأهمية، وإن كان البعض يمكنه النظر إليها على أنها مسألة البرهنة على بعض المفاهيم التقنية المستخدمة فيها، مثل مخدات الهواء المستخدمة فى عملية الهبوط، والتجنب الآلى للعقبات وما نحو ذلك.

- «المساح الشامل للمريخ» **Mars Global Surveyor**:

- وهو اسم للمركبة الفضائية التى أرسلتها هيئة ناسا فى ١٩٩٧/١١/٧ لتدور فى مدار المريخ والتى استمرت فى مهامها حتى ٢٠٠٦/١١/٧ والتى اعتبرت بمثابة عودة الولايات المتحدة للمريخ بعد غيبة استمرت طويلاً، وقد أتمت مهمتها الرئيسية فى يناير ٢٠٠١ ثم انقطع إرسالها للأرض فى نوفمبر ٢٠٠٦، بينما كانت فى طور الامتداد الثالث للمهمة، ومن ثم بعد فشل أى

محاولة للاتصال بها أو الاستجابة منها، أعلنت ناسا رسميًا نهاية المهمة في يناير ٢٠٠٧.

- **المولد الكهربائي طراز ڤان دى جراف Van de Graaff generator:**
- وهو عبارة عن آلة إلكتروستاتيكية **electrostatic** يستخدم فيها سير متحرك لتكديس أو تراكم كهرباء ذات ڤولتيّة عالية جدًا في كرة معدنية مجوفة.
- والتطبيقات الحديثة لمثل هذه المولدات العالية الكهرباء تتمثل في نقل حركة أنابيب أشعة إكس وتسريع الإلكترونات لتطهير الأغذية والمواد الأخرى، وكذا تسريع البروتينات في مجال التجارب للفيزيائية النووية. وقد تُسرِّع الإنجازات الحديثة لهذا النوع من المولدات طاقة إلى ٥ ميجا فولت. ويمكن النظر إليهما كمصدر لتيار مستمر متصل بالتوازى مع مكثفات ومقاومات عالية للكهرباء.
- ويتكون النموذج التقليدى لهذا المولد، الذى ابتكره عام ١٩٢٩ الفيزيائى روبرت ج. فان دى جراف **Robert J. de Graaff** بجامعة برينستيون، من الآتى:
  - مجال معدنى مجوف (موجب الشحنة الكهربية).
  - قطب كهربى متصل بالمجال، وشبكة متقاربة مكانيًا (ولكن ليست متصلة) مع القطب والسير.
  - بكرة علوية (مثلاً من الزجاج الأكريلك).
  - جانب من السير له شحنة كهربية موجبة، بينما الجانب الآخر منه له شحنة سالبة.
  - بكرة معدنية أكثر انخفاضًا.
  - قطب كهربائى منخفض (أرضى).

- خاصية مجالية ذات شحنة سالبة تستخدم لإخلاء المجال الرئيسى من الشحنات.

- شرارة تنتجها الاختلافات الممكنة الاحتمال والموجودة في العملية.

- وبالطبع فقد تطورت كثيرًا، وإلى أحجام ضخمة حاليًّا ليقوم بالعمليات المشار إليها في الصدر من هذا التعريف.

- **ميتوكوندريا Mitochondria:**

- وهى تلك المكونات الدقيقة داخل الخلية ذات الشكل الكروى أو العصوى (نسبة إلى العصا)، والتي تعتبر كمراكز مهمة لتوليد الطاقة عبر قيامها بأكسدة المواد الغذائية في دورات وعبر نظم تنفس الهواء، ويعبر عنها بالعربية من خلال تعبير: متقدرات ومفردها: متقدرة.

- فى الخلية الحية تتكون الميتوكوندريا من غشاء خلوى (ذى خلايا) قوى باعتبارها هى التى تُكثِّر من إمداد الخلية بعنصر **ATP** المستخدم كمصدر للطاقة الكيميائية، هذا وعدد المتقدرات داخل الخلية يتنوع بشكل واسع، إعتمادًا على نوع العضو الحى ونوع النسيج الخلوى فنجد كثيرًا من الخلايا تحتوى فقط على واحد منها، بينما خلايا أخرى تحتوى على عدة آلاف من المتقدرات.

- كما أن بعض وظائف المتقدرات تكون متخصصة الأداء فى أعضاء معينة، فهى فى الكبد مثلاً تحتوى على إنزيمات تسمح لها بأكسدة الأمونيا (مركب غازى عديم اللون والرائحة ويثير الأغشية المخاطية، ويتألف من النيتروجين والهيدروجين) والذى يعد من الفضلات والمنتجات المهملة من أيض البروتين. وأى تبادل فى وظائف الجينات هنا يعتبر مرضًا ميتوكوندريًا.

- **ميكانيكا الكم Quantum Mechanics:**

- مع عشرينيات القرن الماضى برز، بشكل متزايد، أن كثيرًا من الظواهر، خاصة المتصلة بالإشعاعات، تتحدى فيزياء نيوتن، التى تتعامل أساسًا مع الأحجام الكبيرة ولا تنطبق على الأحجام متناهية الصغر كالإليكترون وما شابه، ومن هنا ظهرت النظريات المسماة «ميكانيكا الكم» والتى تنحصر – بتبسيط شديد – فيما وجد بأنه إذا كان من الطبيعى أن كل جسيم يمكن التنبؤ بمكان وجوده، إذا عرفنا سرعته واتجاه تحركه، فإن الأمر ليس كذلك بالنسبة للإليكترون مثلاً، لأننا إذا عرفنا مكانه بدقة، أصبحت سرعته غير محددة إلا احتماليًا، وإذا عرفنا سرعته أصبح مكانه غير محدد إلا بالتقريب.

- ويمكن تقسيم تاريخ ميكانيكا الكم إلى ثلاث مراحل: الأولى كانت نظرية ماكس بلانك عن إشعاع الأجسام السوداء عام ١٩٠٠، والثانية عندما اقترح بوهر عام ١٩١٣ النظرية الكمية للطيف، أما الثالثة فهى التى أصبحت فيها النظرية رحمًا لعدة نظريات متعددة على يد مجموعة من العلماء مثل هيزنبرج وغيره وصلت جميعًا إلى نتائج مثمرة بدت معها ميكانيكا نيوتن من قبيل التقليديات.

- ومن أبرز نتائج هذه النظرية فكرة محاولة التوحيد بين قوى الطبيعة الأربع فى معادلة واحدة «**unifying theory**»، واكتشاف أشباه الموصلات، وظاهرة نفقية الإليكترونات، والدوائر المتكاملة، والمواد فائقة التوصيل، والألياف البصرية التى قام عليها تطور هائل فى كل الأجهزة الإليكترونية، بالإضافة إلى أشعة الليزر، والرنين المغناطيسى، وغير ذلك الكثير مما يصبح معه الحصر مخلاً، سواء فيما وقع بالفعل أو ما هو متوقع بالنسبة لسائر التطبيقات.

- **الإدارة الوطنية الأمريكية لعلوم الطيران (ناسا) National Aeronautics and Space Administration (NASA):**

- هيئة وطنية أسستها الولايات المتحدة فى ١٩٥٨/٧/٢٩ بواشنطن العاصمة وميناؤها هو مركز كيندى للفضاء تحت شعار محرر باللغة اللاتينية ويعنى: «إلى النجوم وسط المصاعب» أو «الطريق الصعب المؤدى للنجوم» **To the Stars through difficulties** – ويعمل بها حوالى ١٠٠٠ من الموظفين بعقود مؤقتة وبلغت ميزانيتها عام ٢٠٠٧ مبلغ ١٦,٨ بليون دولار.

- يشارك فى المؤسسة عدد من الدول هى: الأرجنتين وأستراليا وشيلى وفرنسا ونيوزيلندا والنرويج والمملكة المتحدة (إنجلترا) وروسيا إلى جانب الولايات المتحدة الأمريكية.

- وتعتبر المسئولة عن البرنامج الفضائى لتلك الدول وأبحاثها العلمية الممتدة، مدنية كانت أو عسكرية، وفى عام ٢٠٠٦ وَصَفَت نفسها بأنها رائدة المستقبل فيما يتعلق بالكشوف الفضائية والعلمية وبصفة خاصة كل ما يتعلق بعلوم الطيران.

- **النظام الرقمى الثنائى Pinary number system:**

- يستخدم الرقم الثنائى فى الرياضيات كقاعدة فى النظام الافتراضى الرقمى والذى يتطلب رمزين مختلفين (١)، (صفر) وأهمية النظام الثنائى الرقمى لنظرية المعرفة وتكنولوجيا المعلومات ترجع لملاءمته، لتمثيله إلكترونيًا فهو يعرض النظم التى تشتمل على أمر من اثنين مثل «تشغيل / إنهاء» أو «مفتوح / مغلق» أو «اذهب / لا تذهب» وهكذا.

- **نظام بيئى Ecosystem:**

- ويقصد بالكلمة الوحدة الطبيعية بما تشمله هذه الوحدة من نباتات وحيوانات ونظم ميكروبية (أى نظم حية) فى منطقة معينة تقوم جميعًا بوظائفها فى حالة تناغم بينها وبين كل العوامل الفيزيائية الأخرى غير الحية فى ذات البيئة.

- وكان قد صاغ هذا المصطلح روى كلافام Roy Clapham عام ١٩٣٠، ليدل به على المحتوى الفيزيائى والبيولوجى فى بيئة ما يعتبرون فيها على صلة كل منهم بالآخر فى وحدة متعاونة، إلا أنه بعد ذلك قام البيئى آرثر تانسلى **Arthur Tansley** بإصلاح دلالة المصطلح، ليعنى به النظام التفاعلى الذى يتأسس بين مجموعة من الكائنات الحية والبيئة التى يعيشون فيها.

- والمعنى المركزى هنا أن العضويات الحالية دائمًا ما تعمل فى وضع يقوم على العلاقة مع العوامل التى تتكون منها البيئة التى يعيشون فيها بما يتعارض مع الطبيعة البشرية التى تميل إلى الانقسام إلى مجموعات وطبقات، حيث تكون المقدمة الطبيعية لذلك أن كل الأنواع البيئية تندمج مع بعضها البعض، وكذا مع كل العناصر غير الحية فى البيئة.

- وعليه، فإن المصطلح يمكن أن يحيط وأن يناقش على مستوى تعدد هائل ليصف أى منطقة تقع فيها صلات بين الأعضاء الحية وبيئتها. وقد تكون هذه البيئة صغيرة كمنزل للإقامة أو جامعة أو متسعًا كحالة أمه، ومن أمثلة ذلك: النظام البيئى المائى أو الصحراوى أو البشرى أو البحار الكبرى أو الغابات الممطرة أو إقليم السافانا أو إقليم التاندرا أو الإقليم الحضرى ... إلخ.

- ولأن المصطلح عادة ما يستخدم فى مجالات البيئة، إلا أنه قد تكيفت معه نظم أخرى واستخدمته مثل الأنظمة الإنسانية **anthroposystems** والأنظمة الاقتصادية والأنظمة المعرفية وهكذا.

- **نظرية المباراة (الألعاب) Games theory:**

- صمم هذه النظرية كل من الرياضى المجرى المولد والأمريكى الجنسية جون فون نيومان "**John Von Neuman**" وزميله الاقتصادى الألمانى المولد والأمريكى الجنسية أيضًا أوسكار مورجينسترن **Oskar Morgenstern**، وذلك فى كتابهما بعنوان: «نظرية المباراة والسلوك الاقتصادى» إذ تقول النظرية

إن الاقتصاد يشبه المباراة التي يتخذ فيها اللاعبون قراراتهم بناء على تحركات لاعبين آخرين، ومن ثم تتطلب نوعًا جيدًا من الرياضيات تكون السيطرة فيه للعقل وغير متروكة للمصادفة البحتة وبحيث يتجاوز الأمر النظرية التقليدية للاحتمالات.

- وعليه فمن خلال استكمال النظرية عبر دراسات مكثفة استعانت بعلم الرياضيات، تم استخدام النظرية في كل مناحي الحياة تقريبًا.

- **النظرية النسبية Relativity theory:**

- هذه التسمية تعني فعليًا نظريتين: النظرية النسبية الخاصة التي اقترحها أينشتاين عام ١٩٠٥ (نظرية السرعات العالية)، والنظرية النسبية العامة التي طورها ما بين عامي ١٩٠٧ و١٩١٥ (نظرية الجاذبية).

- تتعلق النسبية الخاصة بصفات الزمان والمكان حيث تدمجهما معًا في متصل واحد يعرف بالزمكان، وقد أدت الفروض التي قامت عليها النظرية (وهي تتناقض مع الميكانيكا الكلاسيكية التي أسسها نيوتن) إلى مجموعة من النتائج المذهلة منها:

١- استطالة الزمن. ٢- تقلص الطول. ٣- نسبية الآنية.

٤- تكافؤ الكتلة والمكان باعتبارهما شكلين لنفس الكمية تربطهما العلاقة الشهيرة «E=mc2» حيث E= الطاقة، وM= الكتلة، C= سرعة الضوء.

- أما النسبية العامة فهي عن الجاذبية (التثاقلية) والمبنية على مبدأ التكافؤ «الحركة المتسارعة فيزيائيًا تكافئ السكون في مجال الجاذبية» على سطح الأرض مثلاً، فالجسم الذي يهوي (في الفراغ) من مرتفع، يمكن القول بأنه يهوي لأن هذا هو السلوك المتوقع منه، عندما لا تؤثر عليه قوة، بدلاً من القول بأنه يهوي بتأثير قوى الجاذبية. ومرة أخرى يتناقض هذا مع ميكانيكا

نيوتن، بل مع النسبية الخاصة أيضًا، وإن كان أينشتاين في تطويره قد عمد إلى حل هذا التناقض، هذا وقد أثمرت النظرية العامة عدة نتائج بدورها هي:

١. استطالة الزمن التثاقلية، فالزمن أبطأ كلما زاد مجال الجاذبية.

٢. انحراف أشعة الضوء (الفوتونات عديمة الوزن) في وجود مجال جاذبية.

٣. تمدد الكون، وأن الأجزاء البعيدة تبتعد عنا بسرعة أكبر من سرعة الضوء، وهذه النتيجة بالذات لا تتناقض مع النسبية الخاصة لأن الفضاء يتمدد.

٤. الكتل التي تدور، تسحب معها الجزء المحيط بها من الزمكان.

- تختصر النظرية في معادلة بسيطة «E=mc2».

- **نظرية المعرفة الحسابية Algorithmic information theory:**

- إجراء رياضي تصنيفي تتحصل عنه ومن خلال عدد نهائي من المراحل إجابة عن سؤال أو حلاً لمشكلة. والأمر في هذه الحالة لا يخرج على نوعين: الأول مثل هل العدد الصحيح هو عدد أولي؟ وهو ما يعرف بالسؤال التحديدي أي أن الإجابة عنه تكون بنعم أو لا، أما النوع الثاني فهو «ما هو أكبر ما يمكن قسمة عدد صحيح عليه؟ «ويصنف كسؤال تقديري لأن الإجابة عنه تكون برقم محدد.

- **الانفجار الكبير... الانسحاق الكبير Big bang... big crunch:**

- وتقول هذه النظرية إن الكون بدأ من بذرة يقل حجمها عن رأس الدبوس (أقل شيء يمكن أن يوجد) ويطلق عليها اسم مفردة "singularity"، ثم انفجرت فيما يعرف بالانفجار الكبير والذي احتوى على كل ما في الكون من مادة وطاقة ومجرات وكواكب وكذلك المخلوقات (وقد حدد بلانك ساعة الصفر لهذا الانفجار بما يعادل واحدًا وعلى يساره ٤٣ صفرًا ثم فاصلة، والذي يعرف

بزمن بلانك) – وهذه المجرات مستمرة فى التباعد والتوسع عن بعضها البعض بصورة متناهية وفى جميع الاتجاهات وبنفس المستوى، وإلى أبعد ما تستطيع إدراكه وسائل الملاحظة المتاحة حاليًا، ومعنى ذلك أن كل للعناصر تولدت فى النصف ساعة الأولى من الانفجار ومن ثم لا يتم تشكل عناصر أخرى.

- وهى النظرية السائدة الآن بين جمهرة العلماء والفلاسفة.
- وهناك أيضًا نظرية تعرف باسم الكون النابض **pulsating universe** تقول بأن المادة تتطاير متناثرة من كتلة منضغطة، ولكنها سوف تبدأ بالتقلص جراء الجاذبية المشتركة لأقسامها المختلفة، فيما يسمى بالانسحاق الكبير إلى أن تصل إلى درجة معينة من التركز والكثافة تنفجر معها من جديد، ومن خلال هذه العملية وتكرارها، فإن المادة تتخلق ولا تزال، بل يعاد توزيعها مرة بعد أخرى.
- **اليدوية (الخيرالية) Chirality:**
- وينحدر التعبير من لفظة إغريقية تعنى «يد»، والمقصود بها خاصية تتعلق باللا تماثل أو اللا تساوق، ولها أهمية فى عدة أفرع من العلم، ويطلق على الشيء أو النظام بأنه يدوى «**chiral**» إذا اختلفت صورته فى المرآة عنه، وأصبح من غير الممكن تركيب هذه الصورة على الأصل، وحينئذ يطلق على الشيء، صورته فى المرآة مصطلح **enantiomorphs** (بما يعنى عند الإغريق: أشكالاً متعاكسة أو متضادة) خاصة عندما يكون الأمر متعلقًا بالجزيئات.
- عندما تتحرك جسيمات بسرعة تقارب سرعة الضوء فإنها – طبقًا للنظرية النسبية – يحدث لها انكماش فى اتجاه حركتها، وبالتالى لا تصبح قادرة على الدوران إلا حول محور يتجه اتجاه حركتها – والآن كى نتصور هذا الدوران

– فلنواجه إبهامى يدينا فى اتجاه الحركة. فنلاحظ أن أصابع اليد اليمنى تـدور حول إبهامها فى اتجاه يخالف اتجاه دوران اليد اليسرى. وهكذا يمكننا تصنيف دوران الأجسام التى تسير بسرعة على أنه دوران يمينى الخيرالية أو اليسارى الخيرالية.

- وسنجد مثلاً أنه من بين الـ ٢٣٠ «مجموعة فضائية معروفة من المتبلورات الفضائية، هناك ٦٥ مجموعة فقط من النوع الخيرالى.
- ولمزيد من إيضاح الأمر فإن المثال الأشهر لذلك هى اليد البشرية، حيـث لا يمكن تركيب صورة اليد اليمنى فى المرآة على اليد اليسرى، مهما كان اتجـاه اليدين، وهذا يبدو عندما يحاول المرء مصافحة الآخر، إذا كان هـذا الآخـر ممن يستخدمون اليد اليسرى (أشول)، أو إذا ما حل جوانتى اليد اليمنى محـل جوانتى اليد اليسرى، ولأن هذا الأمر معروف عالميًا، فإنه يكنى عند تـصميم الأشياء من هذا النوع بـ «اليد اليمنى» و «اليد اليسرى».
- وعلى ذلك فإن الجزىء اليدوى، هو الذى لا يمكن مطابقة صورته المرآويـة عليه، وهو أمر يحظى بالأهمية بالنظر لتطبيقاتـه فـى الكيميـاء التجـسيمية (المعنية بترتيب الذرات المكونـة للجـزىء) **stereochemistry**، والكيميـاء العضوية وغير العضوية، والكيمياء الفيزيائية، والكيمياء الحيوية.
- وإن كان التعبير يستخدم أحيانًا فى موضوعات غير علمية، فهو يـشير علـى الأخص إلى بعض الجزيئات فى مجال الكيمياء، ولبعض الموضـوعات فـى الرياضيات، وإلى بعض العناصر التحت ذرية فى أمور الفيزياء.
- **الين واليانج Yin and Yang:**
- هو اختصار تقليدى صـينى بقـصد تعمـيم التـضاد أو العلاقـة المتبادلـة لموضوعات بعينها فى العالم الطبيعى بحيث تصبح وحدة للتناقضات، ويطلـق عليها بنفس المعنى **Liang Yi**، أى السماء والأرض، وهو المفهوم الذى، إمـا

بترتيب الحروف عاليه أو فى كلمة واحدة **Yin-Yang**، يتجـذر أصـلا فـى كوريا فلسفيًا وميتافيزيقيًا وهو الذى يصف المبادئ الأولية المتعارضة – وإن كانت تتكامل مع بعضها – فى القوى الكونية الموجودة فـى كـل شـىء أو عمليات غير ثابتة.

- دائمًا ما تعنى الين: المكان الظليل، المنحدر الشمالى، الشاطئ الجنوبى، السعى لأسفل، المنطقة التى تغطيها السحب، الجزء المغمور، الأنثوى وعلى الجملـة، فهى تتطابق مع الليل وغالبًا ما يرمز إليها بالمياه والهواء والظلمة، بينما تعنى اليانج: المكان المشمس، المنحدر الجنوبى، الشاطئ الشمالى، إشراق الـشمس، إنه إذن العامل المشرق النشط المضىء الذكرى، السعى لأعلى ويتطابق مـع النهار، وغالبًا ما يرمز إليه بالنار والأرض.
- وعلى ذلك فإن هذا الانقسام الثنائى **Yin / Yang** يمكن النظر إليه على أن كل القوى فى الطبيعة تملكهما معًا وأن كليهما فى حالة حركة دائمـة أكثـر مـن كونهما فى ركود مطلق.

المؤلف فى سطور:

بـــــــول ديڤيز

- حصل على الدكتوراه من قسم الفيزياء بجامعة لندن عام ١٩٧٠، وشغل عـدة مناصب أكاديمية متعددة بجامعـات: كامبريـدج ولنـدن ونيوكاسـل وأدليـد وكوينزلاند وماكواير والكلية الملكية بلندن، كمـا يحمـل ثمـانى عـضويات بمنظمات علمية احترافية دولية وخمسًا أخرى بكل مـن أمريكـا وأسـتراليا، فضلاً عن الصفة الاستشارية لأكثر من ١٥ مؤسسة ومجلس إدارة ومراكـز بحث ودور نشر ومعاهد جميعها تتصف بالصبغة العلمية.

- يشغل حاليًا وظيفة أستاذ للفلسفة الطبيعية في المركز الاستـشارى للبيولوجيـا الفلكية بجامعة ماكواير **Maquarie**.

- يكتب بشكل شبه منتظم لبعض الجرائد اليومية والصحف الدورية والمجـلات البارزة في عدة دول، لتغطية مجالات علميـة ووجهـات النظـر الـسياسية والاجتماعية للعلم والتكنولوجـيا، فضلاً عـن عـضويته فـي الـمنتدى الاقتصـادى العالمي **World Economic Forum**.

- أقام عدة مؤتمرات علمية بمعظم الجامعات المشار إليها حول الفلك والفيزيـاء والرياضيات؛ كما تشمل أوراقه البحثية والموضوعات الأثيرة لديه، والتي تدل عليها عناوين كتبه الموجودة بقائمة كاملة هنا، التى بلغت أكثر من ٢٠ مؤلفًـا ترجمت لأكثر من ٢٠ لغة.

- له باع طويل في ميادين الإذاعة والتليفزيون، مشاركًا فـي حلقـات نقـاش، ومتحدثًا في سلسلة حلقات علمية تصل الحلقة فيها إلى ٤٥ دقيقة أذيعـت فـي

الـ BBC والتي حققت نجاحًا ملحوظًا وتحولت إحداها إلى كتاب حول نظرية «الأوتار الهائلة»، الذى أكسبه زمالة الكتاب العلميين، كما شـملت الحلقـات موضوعات مثل: «مهد النشأة الأولى» و «الأسئلة الكبرى» و «مزيـد مـن الأسئلة الكبرى».

- فاز بعدة جوائز علمية يصعب حصرها هنا، ومن بينها مما تجب الإشارة إليه، فوزه بجائزة جامعة جنوب ويلز عام ١٩٩٢ عن كتاب العام العلمـي، وذلـك بمناسبة مؤلفه المعنون «عقل الله» (وهو بحث علمى في أصل الكون)(*). وفى عام ١٩٩٥ فاز بجائزة تمبلتون عن «التقدم العلمى» وهى أكبر جائزة دوليـة عن الموضوعات الإبداعية في المجال، والتى قدمها له الأمير فيليب بحفل أقيم في كنيسة ويستمنستر أمام جمع من الحضور في حدود ٧٠٠ مدعو.
- ربما لجميع هذه الأنشطة انتخب عام ١٩٩٩ عضوًا بالجمعية الملكية للأدب.
- فوق ذلك كله – ومعه – اكتسب خبرات معتبرة فـي مجـال إدارة الكليـات والمعاهد العلمية والتدريس بها، فضلاً عن العديد جدًا من الأوراق البحثية التي يعد من أبرز إنجازاتها ما يلي:–

١. نجح في وضـع مخطـط لفهـم فكـرة «فيزيـاء تماثـل الـزمن قـبلاً والآن»، مما ساعد على إحداث تقدم مـا فـي هـذا الموضـوع «سـهم الزمن».

٢. وجد مع آخرين في منتصف السبعينيات أن ثمـة فوتونـات تنـتج مـن استثارة سطح عاكس بشكل عنيـف، ورغـم ضـعف تـأثير الظـاهرة، فقد أثمرت في مجال ظهور ومضات ضـوء أو صـوت داخـل وسـط سائل.

(*) وقد قمت بترجمته إلى العربية بعنوان: «الاقتراب من الله» وهو الآن قيد الطبع، لدى المركز القومى للترجمة. (المترجم).

٣. توصل إلى حالة أو وضع أبسط مشابه لما أعلن عنه هوكنج من أن الثقوب السوداء ليست كذلك، وإنما هي بالنسبة لملاحظ بعيد، تنفث حرارة راديوية، وهو النموذج الذي وصل إلى مثله بعد عام ويليام أورو **William Uuruh** وهي الظاهرة التي أصبحت تعرف بـ «تأثير أورو» وأحيانًا بـ «تأثير أورو / ديفز» وذلك منذ منتصف السبعينيات من القرن الماضي.

٤. اكتشف مع آخرين أيضًا أن الظاهرة التي يطلق عليها أساسًا الشذوذ في البعد الزاوى لكوكب سيار في أقرب نقطة له إلى الشمس، تمثل إحراجًا لمحتوى مجالات الكم في تفاعلها مع مجالات أخرى.

٥. في منتصف السبعينيات أيضًا، وضع بالمشاركة مع تلميذه تيم بنش **Tim Bunch** ما يعرف باسم «الحالة الفراغية الكمية لـ: نيش / ديفيز».

٦. وفي عام ١٩٧٧ اكتشف حقيقة مهمة عن خواص الديناميكا الحرارية للثقوب السوداء.

٧. في عام ١٩٨١ عثر على حل ممكن للمعضلة الدائمة للكون والمعروفة حاليًا باسم «معضلة الطاقة السوداء».

٨. في بداية التسعينيات اقترح أن الحياة ربما بدأت فوق كوكب مارس، ثم انتشرت فوق الأرض، (أو العكس) على صخور قُذِف بها بواسطة مذنبات هائلة احتوت على أي منهما، وبعد سنوات من التشكك في هذا الاقتراح نوقش الأمر موسعًا بمعرفة جي ميلوش **Jay Melosh**، ولكن الفكرة الرئيسية أصبحت مقبولة من قبل علماء البيولوجيا الفلكية.

٩. فاز عام ٢٠٠٢ بجائزة ميشيل فارادای **Michael Faraday**.

Books اعمـال المؤلـف

"The Physics of Time Asymmetry" Surrey University Press / University of California Press (1974).

"Space and Time in the Modern Universe" Cambridge University Press (1977).

"The Runaway Universe" J. M. Dent (1978).

"The Forces of Nature" Cambridge University Press (first edition 1979; second edition 1986).

"Other Worlds" (UK server) J. M. Dent (1980).

"The Edge of Infinity" J. M. Dent (1981).

"The Search for Gravity Waves» Cambridge University Press (1980).

"The Edge of Infinity" (UK server) J. M. Dent (1981); revised edition, Penguin (1994).

"The Accidental Universe" Cambridge University Press (1982).

"Quantum Fields in Curved Space" (with N.D. Birrell) Cambridge University Press (1982).

"God and the New Physics" (UK server) J. M. Dent (1983).

"Superforce (UK server)". Heinemann (1984); revised edition, Penguin (1995).

"Quantum Mechanics" Routledge & Kegan Paul (1984); second edition, Chapman & Hall (1994).

"The Ghost in the Atom" (with J. R. Brown) Cambridge University Press (1986).

"Fireball» Heinemann (1987).

"The Cosmic Blueprint" (UK server) Heinemann (1987); revised edition, Penguin (1995).

"Superstrings: A Theory of Everything?" (with J.R. Brown). Cambridge University Press (1988).

"The New Physics" (ed.) Cambridge University Press (1989).

(*) "The Matter Myth" (UK server) (with J. Gribbin) Simon & Schuster ? Viking (1991).

(**) "The Mind of God" (UK server) Simon & Schuster ? (1992).

"The Last Three Minutes" Basic Books / Weidenfeld & Nicolson (1994).

(***) "About Time" (UK server) Simon & Schuster ? Viking (1995).

"Are We Alone ?" (UK server) (1995).

"The Big Questions": Paul Davies in Conversation with Phillip Adams Penguin (1996).

"More Big Questions". ABC Books (1998).

"The Fifth Miracle" (UK server) Penguin / Viking (1998).

(****) "How to Build a Time Machine" Penguin 2001.

"The Origin of Life" Penguin Books 2004 – Arevised and detailed edition of his book "The Fifth Miracle".

المترجم فى سطور:

منير شريف

- من مواليد ١٩٣٩ بالمنصورة محافظة الدقهلية.
- حاصل على ليسانس الحقوق من جامعة عين شمس فى يناير ١٩٦١.
- حاصل على ليسانس الآداب قسم فلسفة من جامعة القاهرة فى مايو ١٩٧٣.
- حاصل على وسام العلوم والفنون من الطبقة الأولى عام ١٩٨٣ ودبلوم المعهد العالى للنقد الفنى بأكاديمية الفنون صيف ١٩٨٥.

المراجع فى سطور:

عادل يحيى أبو المجد

المؤهلات العلمية:

- دبلوم في الفيزياء النظرية النووية من جامعة موسكو (روسيا) ١٩٦٣.
- دكتوراه الفلسفة **Ph.D.** في الفيزياء الرياضية من جامعة خاركوف (أوكرانيا) ١٩٦٦م.
- دكتوراه العلوم **D.Sc.** في الفيزياء النظرية من جامعة القاهرة ١٩٧٩م.

الوظائف:

- تدرج في الوظائف من معيد إلى أستاذ، مرورًا بهيئة الطاقة الذرية وكلية العلوم جامعة القاهرة وجامعة الملك عبد العزيز بالسعودية، وأستاذًا زائرًا بمعهد ماكس بلانك للفيزياء النووية بها يدلبرج بألمانيا، ثم جامعة ويسكونس بالولايات المتحدة الأمريكية، ثم أستاذًا بقسم الرياضيات بكلية جامعة الزقازيق، وخلال ذلك معارًا إلى جامعة الإمارات العربية المتحدة أستاذًا بقسم الرياضيات.
- وحاليًا أستاذًا للفيزياء بكلية الهندسة جامعة سيناء.

عضوية الجمعيات العلمية:

- عضو مشارك بالمركز الدولي للفيزياء النظرية في تريستا بإيطاليا منذ ١٩٦٨م.

- زميل جمعية ألكسندر فون هومبولدت في بون بألمانيا منذ ١٩٧٤م.
- عضو اللجنة الاستشارية بالمعهد الدولي للفيزياء النظرية والتطبيقية في «أيوا» بالولايات المتحدة الأمريكية منذ ١٩٩٥م.

الجوائز والأوسمة:

- جائزة الدولة التشجيعية للعلوم الفيزيقية مرتين عامى ١٩٦٩م، و١٩٧٧م.
- وسام العلوم والفنون من الطبقة الأولى عام ١٩٧١م.
- وسام الاستحقاق من الطبقة الثانية عام ١٩٧٩م.
- حصل مؤخرا على جائزة الدولة للتفوق العلمى من عام ٢٠٠٨.

التصحيح اللغوى: عزت سلامة
الإشراف الفنى: حسن كامل



يتصدى المؤلف باقتدار علمى وتقنى لشرح معنى الحياة، والنظريات المختلفة التى عرضت سيناريوهات متخيلة عن بدئها ورأيه فى كل منها ومدى خضوع أفكار هذه النظريات لقوانين الفيزياء المستقرة فى العلم الحديث (بصفة أخص) مثل النظرية النسبية ونظرية الكم ونظرية التربيع العكسى، وما يفرضه قانون الديناميكا الحرارية.

الكتاب أيضا يحفل بحلول للمعضلات التى يثيرها السؤال المطروح والمفاجآت العلمية التى تخطف الأنفاس ولعلى أفتح شهية القارئ بمثال واحد: العثور على كائنات حية تعيش فى مستعمرات مزدهرة ومتنامية بالقرب من فوهات براكين أعماق المحيطات، وعند درجة حرارة تتراوح ما بين **115** إلى **160**، وكائنات غيرها تعيش بالازدهار نفسه فى أعماق جلاميد الثلج بقارة أنتاركتيكا بالقطب المتجمد الجنوبى، ثم العثور على فئات أخرى من الكائنات تتغذى فقط على أغرب ما يمكن أن يشطح إليه الخيال مثل المواد الكيميائية السامة أو الحديد أو القار أو الإسمنت.. إلخ..

اقرأ... وجرب لذة الاكتشاف.



تصميم الغلاف: نادية كشك